pp 33-68 bd. in front of no. 14. 15/14

XXI.

Untersuchungen über den Einfluss der Vagus-Reizung auf die Häufigkeit des Herzschlags.

Von

Jac. Moleschott [1]).

I. Einleitende historische Bemerkung.

Nur wenige Thatsachen im Gebiete der Nervenphysiologie haben, sogleich als sie bekannt wurden, eine so grosse Aufmerksamkeit erregt, wie die von E. Weber und J. Budge im Jahre 1845 entdeckte, dass es eine Art giebt, den Vagus zu reizen, bei welcher alsbald das Herz zum Stillstand gezwungen wird. Die Angabe, dass der Vagus unter der Einwirkung hinlänglich starker Wechselströme diesen Einfluss auf das Herz ausübt, wurde zuerst von Weber veröffentlicht, von Budge, der seinerseits die Entdeckung selbständig

[1]) Diese Arbeit wurde in den Herbstferien des Jahres 1860 mit den Herren E. Hufschmid von Nesselnbach (Aargau) und Otto Oesterlen von Stuttgart begonnen, und nachdem Herr Oesterlen zum Beginn des Winter-Semesters nach Tübingen abgereist war, mit den Herren Hufschmid, A. Gascard von Koppenhagen, R. Nauwerck von Berlin und B. Schlatter von Schaffhausen fortgesetzt. Ich erfülle die angenehmste Lehrerpflicht, indem ich den genannten Herren öffentlich danke für den unermüdlichen Eifer und die rege Theilnahme, womit sie mich bei Anstellung der Versuche unterstützt haben.

gemacht hatte, sogleich genauer und richtiger umschrieben, und die Thatsache wurde dann sehr bald das Besitzthum nicht nur der experimentirenden Physiologen, sondern der gesammten medicinischen Welt, weil es kaum einen interessanteren Versuch giebt, der sich sicherer für physiologische Vorlesungen verwerthen liesse, als eben eine solche elektrische Reizung des Vagus, bei welcher das Herz auf eine Zeit lang zu schlagen aufhört.

Zu der Zeit, als die Weber-Budge'sche Entdeckung bekannt ward, huldigte man ziemlich allgemein der Ansicht, dass der Sympathicus das Herz mit motorischen Fasern versorge, und es war daher ein sehr natürlicher Ausdruck der damals in der Physiologie noch so mächtigen teleologischen Methode, dass man im ersten Jubel den wichtigen Fund unter das Dach einer Formel brachte, welche nichts mehr und nichts weniger aussprach, als die Lehre, dass es nicht bloss Bewegung vermittelnde, sondern auch Bewegung verhindernde Nerven gebe: der Sympathicus sei der Bewegungsnerve des Herzens, der Vagus dessen Zügelnerv.

Ist nun mit dieser Formel unsre Kenntniss von dem Verhältniss der Nerven zur Herzbewegung wirklich in Sicherheit gebracht, oder ist sie nur ein dürftiges Nothdach, das man je eher, je lieber durch ein besseres ersetzen sollte? Man mag die Stimmen, welche die erste Hälfte dieser Frage bejahen, zählen oder wägen, — in beiden Fällen wird man zugeben, dass die Behauptung, der Vagus sei der „Hemmungsnerv" des Herzens, den Schutz einer sehr gewaltigen Autorität geniesst.

Der Gegensatz, den man zwischen Vagus und Sympathicus hinsichtlich ihrer Bedeutung für das Herz gemacht hat, muss zunächst auffallen, da die Frage, ob Reizung des sympathischen Nerven die Thätigkeit des Herzens anregt oder lähmt, bisher auf so verschiedene Weise beantwortet ward, dass eine Entscheidung nur als eine Abstimmung für oder wider die betreffenden Gewährsmänner anzusehen ist. Aber auch die ausgedehnte Anerkennung, deren sich die dem Vagus zuertheilte Hemmungsrolle erfreut, muss gerechtes Erstaunen erwecken, da Schiff schon im Jahre 1849 darauf hingewiesen hat, dass gelinde Reizung des herumschweifenden Nerven die Häufigkeit

der Herzschläge vermehrt, während der Herzschlag nur dann seltner wird oder ganz aufhört, wenn erschöpfende Reize zur Anwendung kommen; und das Erstaunen wächst, wenn man weiss, dass ein so erfahrener Forscher, wie Schiff, mehrfach auf seinen Ausspruch zurückgekommen ist [1]).

Mir war es bei Vorlesungsversuchen mehrfach begegnet, dass elektrische Reizung des Vagus entweder keinen Stillstand des Herzens hervorrief oder gar den Herzschlag häufiger machte, während Stillstand eintrat, wenn die Reizung öfter wiederholt, oder durch stärkere Wechselströme eingeleitet wurde.

Seitdem hat Pflüger die Angabe Schiff's, dass schwache Reizung des Vagus die Häufigkeit des Herzschlags vermehrt, bestritten [2]). Pflüger's Angriff gegen Schiff's Erfahrungen fand mehrfach Unterstützung. Und von anderen Seiten fährt man fort, auf dem Satze, dass der Vagus des Herzens Zügelnerve ist, weiter zu bauen, als wenn es sich hier um einen Zweifel nicht mehr handelte.

Pflüger hat sich durch seine Untersuchungen über den Elektrotonus einen hervorragenden Platz unter den deutschen Physiologen errungen, und auf der anderen Seite hat Schiff über einen Schatz von Erfahrungen zu verfügen, wie er wohl nur sehr selten zwei oder drei anderen Forschern zusammengenommen zu Gebote steht; ich fühlte mich daher dringend veranlasst, mir eine breitere Grundlage von eigenen Versuchen zu verschaffen, um mein Scherflein dazu beizutragen, einen Punkt, der für jeden Arzt eine so ausserordentliche Wichtigkeit besitzt, in's Reine zu bringen.

Diese Abhandlung ist dazu bestimmt, meine Erfahrungen darin niederzulegen; in einer anderen, die bald nachfolgen wird, will ich die Theorie der Vaguswirkung erörtern.

---

1) Siehe Schiff, Archiv für physiologische Heilkunde, Jahrgang VIII, S. 211 und folg.; Lehrbuch der Physiologie des Nervensystems, Lahr, 1858, S. 417; diese Untersuchungen Bd. VI, S. 201 und folg.

2) Pflüger, Archiv für Anatomie und Physiologie, von Reichert und Du Bois-Reymond, Jahrgang 1859, S. 17—19.

Moleschott, Vagus-Reizung.

Fig. 1.

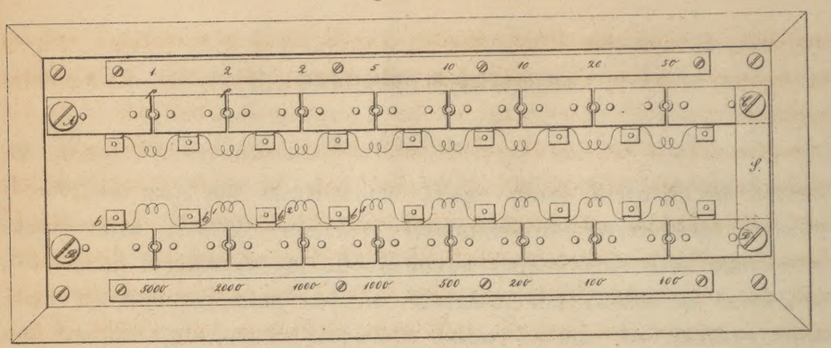


Fig. 2.

Fig. 3.

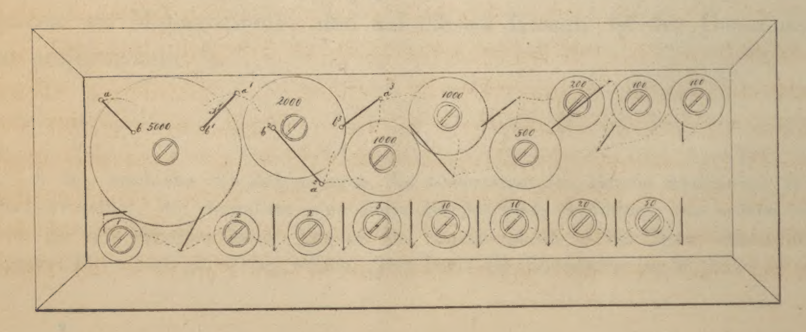


Fig. 1 stellt den Rheostaten in oberer, Fig 2 in Seiten-, Fig. 3 in unterer Ansicht dar, nachdem die untergeschraubte Bodenplatte entfernt ist.

Aus Fig. 1 ist die Construction des Commutators zu ersehen. Er besteht aus zwei Metallschienen, deren jede in neun Theile getheilt ist. Die einander zugekehrten Enden der Theilstücke, welche einander nirgends berühren, enthalten einen bogenförmigen Ausschnitt, und die Ausschnitte der benachbarten Schienenabtheilungen stehen einander so gegenüber, dass sie mitsammt der Lücke, die zwischen den Schienenstücken übrig bleibt, einen cylindrischen Hohlraum umfassen, in welchem ein messingener Stöpsel passt, der mit einer elfenbeinernen Handhabe versehen ist. Es sind 16 Stöpsellöcher und ebenso viele Stöpsel da. Stecken die Stöpsel in den Löchern, dann sind die Schienenabtheilungen unter einander leitend verbunden, und die Schiene S verbindet die beiden Hauptschienen mit einander. An jedem Schienentheil ist eine Schraube befestigt, mit welcher die Drahtenden der im Innern des Kastens liegenden Rollen festgeklemmt sind. Zwischen je zwei dieser Schrauben ist also eine Rolle eingespannt, welche allemal einen solchen Widerstand hat, wie die Zahl vor dem Stöpselloch angiebt. Wenn nun die Klemmschrauben A und B die zu- und ableitenden Drähte aufnehmen, dann wird, so lange die sämmtlichen Stöpsel in den zugehörigen Löchern stecken, nur ein sehr geringer Widerstand in den Stromkreis eingeschaltet, da die Schienen bei einem grossen Querschnitt eine geringe Länge besitzen. Entfernt man dagegen einen oder mehre Stöpsel, dann sind so viel Einheiten Widerstand eingeschaltet, wie die *Summe* derjenigen Zahlen angiebt, welche vor *den* Stöpsellöchern stehen, in denen *keine* Stöpsel stecken.

Der Commutator ist, wie Fig. 1 ergiebt, so eingerichtet, dass zwischen den 2mal 9 Schienenstücken 2mal 8 Widerstandsrollen angebracht werden können. Die Aufstellung und Verbindung dieser Rollen unter sich sowohl, wie mit dem Commutator, erhellt aus Fig. 3, in welcher die punktirten Linien die Enden der Drahtrollen, die ausgezogenen die Verbindungen mit den Klemmschrauben des Commutators angeben. Es sind also zum Beispiel die Enden der Rollen von 5000 und 2000 Einheiten in dem Punkte a′ an einen

starken Kupferdraht K gelöthet, welcher wiederum in b' an der entsprechenden Stelle des Commutators befestigt ist. Ein Gleiches ist bei a^2 b^2 der Fall, u. s. w.

Ein Blick auf die Zahlen in Fig 1 lehrt, dass dieselbe Anzahl von Einheitssummen gegeben ist, wie in den Gewichten bei einer Wage, und eine kurze Ueberlegung genügt, um einzusehen, dass man durch richtige Combination dieser Zahlen jede beliebige Anzahl Widerstandseinheiten von 1 bis 10,000 einschalten kann.

Ueberall, wo Angaben über den Widerstand in der Nebenschliessung zu machen sind, wird dies einfach durch Anführung einer Zahl geschehen, welche nach der obigen Auseinandersetzung Meter Quecksilber von 1 M. M. Querschnitt bedeutet. War der Rheostat mit allen Stöpseln eingeschaltet, dann soll dies durch „vollkommene Nebenschliessung“ angegeben werden. Die Nebenschliessung wurde bei Anwendung der Inductionsreize immer in den secundären Kreis aufgenommen. Je weniger Widerstandseinheiten als Nebenschliessung eingeschaltet waren, desto schwächer war natürlich die Reizung.

Ebenso ist eine Verständigung nöthig über die Bezeichnung des Rollenabstandes, bei welchem die Reizung vorgenommen wurde. Wenn die einander zugewandten Flächen der beiden Drahtrollen am Schlitten einander berühren, dann ist offenbar ihr Abstand gleich Null. Von Null an wurde die Bahn, auf welcher die secundäre Drahtrolle hin- und hergeschoben werden kann, nach beiden Seiten in Centimeter eingetheilt, deren Zahlen mit dem Pluszeichen aufgeführt werden sollen, wenn die secundäre Rolle von der primären entfernt ward, mit dem Minuszeichen, wenn die Rollen mehr oder weniger weit über einander geschoben waren. Bei — $8^1/_2$ C. M. deckte die secundäre Rolle die primäre ganz.

Als Elektroden, die den elektrischen Strom dem Vagus zuführten, dienten Platindrähte, welche auf Glasplättchen von der Form eines sehr spitzwinkligen Dreiecks aufgekittet waren mittelst eines geschmolzenen Gemenges von 2 Gewichtstheilen Colophonium und 1 Theil gelbes Wachs. Diese Form der Glasplatten, die für Kaninchen und Frösche verschiedene Dimensionen hatten, gestattete es leicht, die Elektroden unter den Nerven zu schieben, und weil die Platindrähte

auf der Glasplatte in der Nähe der Seitenränder verliefen, also von der Spitze des Dreiecks nach dessen Basis divergirten, so genügte eine Verschiebung des Plättchens, um den Elektrodenabstand grösser oder kleiner zu machen. War das Elektrodenplättchen unter den Nerven gebracht, dann wurde ein trocknes Kautschuckröhrchen über die Spitze desselben geschoben, um zu verhüten, dass es bei unvorhergesehenen Bewegungen des Thiers unter dem Nerven wegglitt. An der Basis des dreieckigen Glasplättchens waren die Platindrähte mit versilberten Schnüren (Pfeifenkordel) verbunden, die, mit kleinen Stücken enger Glasröhren bedeckt, immer von einander isolirt blieben und mittelst Kupferstifte in die Quecksilbernäpfchen tauchten, welche die Elektroden der secundären Rolle des Schlittenapparats aufnahmen.

Die galvanische Vorrichtung, welche den Hammer des Inductionsapparats in Bewegung setzte, war meistens ein Daniell'sches Element, das in seinem Thontrog mit Schwefelsäure 20 % oder 10 %, bisweilen auch nur mit Wasser geladen war. In anderen Fällen wurde 1 Grove'sches Element benutzt, das Platin von starker Salpetersäure, das Zink von 20procentiger Schwefelsäure umspült.

Weil die Kaninchen sehr schreckhaft sind, so musste ich sie, um reine Resultate zu erzielen, an das Geräusch des schwingenden Hammers gewöhnen. Mit wenigen Ausnahmen, bei denen dies ausdrücklich bemerkt werden soll, wurde daher der Inductionsapparat während der ganzen Versuchsdauer in Thätigkeit erhalten. Vor der Reizung tauchten nur die Drahtstifte des Elektrodenplättchens und die Drähte des Rheostaten in die Quecksilbernäpfchen, die zur sicheren Führung der Drähte mit Korken verschlossen waren, durch welche enge Glasröhren in das Quecksilber führten. Die Drahtenden der secundären Rolle wurden erst dann in die Quecksilbernäpfchen getaucht, wenn die Reizung beginnen sollte.

Die Pulsfrequenz der Kaninchen ist so gross, dass ihre Zählung eine unermüdliche Aufmerksamkeit erfordert. Um diese zu sichern, zählte vom Augenblick, wo ich das Zeichen gab, einer der Gehülfen von 1 bis 10, dann löste ihn der andere ab, der gleichfalls 1, 2, 3 u. s. w (nicht eilf, zwölf, dreizehn) zählte und, wenn er bei

10 angekommen war, 20 sagte, dann wieder der erste: 1, 2, 3 u. s. w., bis 30 u. s. f. — immer laut, so dass jeder Irrthum von den nicht zählenden Gehülfen sogleich berichtigt wurde. Derjenige, der die Wechselströme in den Nerven einzuleiten hatte, war vom Zählen dispensirt. War das Ende einer Minute erreicht, dann gab ich mit dem Worte Null das Signal zu einer neuen Zählung, die allemal von demjenigen begonnen ward, der zuletzt nicht mit Zählen beschäftigt war.

Bei den Kaninchen wurden die Herzschläge nach Schiff's Methode [1]) mittelst einer in das Herz gesteckten Insektennadel gezählt, an welcher ein leichter mit rother Seide umsponnener Draht als Zeiger befestigt war. Bei den Fröschen, deren Herz ohnehin bloss lag, wurde der Herzschlag unmittelbar beobachtet.

Die Nerven wurden durch ein Gemenge von Hühnereiweiss mit 3 bis 5 Raumtheilen Wasser feucht erhalten.

2. Versuche an Kaninchen.

Versuchsthier A.

Am 23. August 1860 wurde einem Kaninchen der rechte Vagus blossgelegt, und ohne vorherige Durchschneidung zu Reizversuchen benutzt.

Bevor die im Versuchsplan liegenden Reizversuche begannen, wurde vermittelst eines Grove'schen Elementes bei einem Rollenabstand von — $8^1/_2$ C. M. dreimal Stillstand des Herzens erzeugt.

Darauf begannen die eigentlichen Versuche. Die Reizung wurde nur alle drei Minuten wiederholt, und die Wechselströme mit einzelnen Ausnahmen dadurch eingeleitet, dass das galvanische Element, welches den Hammer des Inductionsapparats in Bewegung setzte, geschlossen ward. Erst bei dieser Versuchsreihe wurde meine Aufmerksamkeit durch Hrn. Hufschmid darauf geleitet, dass das Thier beim Schliessen der Rolle über das Geräusch des Hammers zu erschrecken schien. Deshalb blieb ein Paar Mal der Inductionsapparat auch während der dem Nerven vergönnten Ruhe in Thätigkeit, und die Rei-

[1]) Schiff, Experimentelle Untersuchungen über die Nerven des Herzens, Archiv für physiologische Heilkunde, Jahrgang VIII (1849), S. 174.

zung wurde also durch das Schliessen der secundären Strombahn vermittelt. Diese Versuche sind dadurch ausgezeichnet, dass dem Worte Ruhe in Klammern die Angabe: „mit Geräusch" beigesetzt ist.

Die römischen Zahlen I, II, III, IV bedeuten ein- für allemal erstes, zweites, drittes, viertes Viertel der Minute, und die darunter stehenden Zahlen die Herzschläge, welche während der Minute fortlaufend gezählt wurden. Auf meiner Uhr sind die beiden ersten Quadranten, die der Secundenzeiger zu durchlaufen hat, etwas kleiner als der dritte und vierte. Da aber die Zählung immer bei 0 begann, so sind die unter einander stehenden Zahlen direct mit einander zu vergleichen.

In der Rubrik: „Elektrodenabstand" ist die Länge des durch die Wechselströme erregten Nervenstücks angegeben.

Tabelle. I.

Nummer der Beobachtung.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1					Ruhe	51	99	146	195
2	1 Daniell mit Wasser	28 C. M.	1 Meter	10 M. M.	Reizung	56	110	165	220
3					Ruhe	55	107	157	210
4	„	„	2 „	„	Reizung	56	110	167	222
5					Ruhe	55	107	157	210
6	„	„	3 „	„	Reizung	55	109	163	220
7					Ruhe	53	100	151	200
8	„	„	4 „	„	Reizung	57	111	167	222
9					Ruhe	54	104	152	204
10	„	„	10 „	„	Reizung	55	110	162	220
11					Ruhe (mit Geräusch)	54	105	154	208
12					Ruhe	47	92	138	185
13	„	„	50 „	„	Reizung	57	109	161	216
14					Ruhe	47	97	150	202
15	„	„	100 „	„	Reizung	55	111	171	235
16					Ruhe	51	102	156	209
17	„	„	150 „	„	Reizung	51	107	165	223
18					Ruhe (mit Geräusch)	50	101	156	212
19	„	„	200 „	„	Reizung	52	108	166	223

Hierauf wurde mit einem Grove'schen Element bei einem Rollenabstand von — $8^1/_2$ C. M. gereizt, wodurch Stillstand des Herzens hervorgebracht ward.

Jede Reizung bewirkte also eine erhebliche Frequenzvermehrung, die im Minimum (No. 5 auf 6) 10, und im Maximum (14 auf 15) 33 Schläge in der Minute betrug. Im letztgenannten Fall ergab sich eine Vermehrung von 202 auf 235 Schläge, was also einer Zunahme um beinahe $^1/_6$ der ursprünglichen Zahl gleich kommt.

Versuchsthier B.

Am 24. October, Vormittags 11 Uhr, wurde ein weisses Kaninchen auf das Vivisectionsbrett gespannt.

Vor Anstellung der Reizversuche und vor der Blosslegung des Vagus wurden einige Zählungen angestellt, um die Wirkung des Geräusches zu beobachten. Als einmal die auf die Reizung bezügliche Beobachtungsreihe begonnen hatte (von No. 10 an), bestand das Geräusch allemal auch während der Ruhe des Nerven ununterbrochen fort.

Tabelle II.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	11h. 6′	Vor der Operation				Ruhe ohne Geräusch	55	110	168	225
2	„ 9′	„ „ „				Ruhe mit Geräusch	52	108	162	218
3	„ 12′	„ „ „				Ruhe ohne Geräusch	51	104	161	221
	„ 17′	Rechter Vagus blossgelegt.								
4	„ 19′					Ruhe ohne Geräusch	61	—	187	246
5	„ 26′	1 Grove	0	0	10 M. M.	Reizung	0			
6	„ 27′					Ruhe ohne Geräusch	46	93	149	200
7	„ 28′					Ruhe mit Geräusch	51	104	161	206
8	„ 29′									
						Ruhe ohne Geräusch	53	107	166	222
9	„ 30′	1 Daniell Schwefelsäure 10%	28 C.M.	0	„	Reizung	51	103	161	214
10	„ 31′					Ruhe mit Geräusch	52	104	161	215
11	„ 32′	„	„	vollkommen		Reizung	51	104	158	214

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektroabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
12	11h.48′					Ruhe	50	101	155	208
13	„ 49′	„	„	10 Met.	„	Reizung	51	106	165	225
14	„ 50′					Ruhe	50	101	157	212
15	„ 57′					„	52	104	160	216
16	„ 58′	„	„	5 „	„	Reizung	51	106	164	221
17	„ 59′					Ruhe	51	103	158	212
18	12h. 9′					„	54	107	158	209
19	„ 10′	„	„	20 „	„	Reizung	51	106	158	211
20	„ 18′					Ruhe	41	86	129	170
21	„ 19′					„	42	90	139	184
22	„ 20′					„	43	89	137	182
23	„ 30′					„	46	91	141	189
24	„ 31′	„	„	25 „	„	Reizung	45	94	147	201
25	„ 32′					Ruhe	47	96	145	195
26	„ 33′					„	46	95	145	192
27	„ 34′	„	„	35 „	„	Reizung	46	99	152	202
28	„ 35′					Ruhe	50	110	161	212
29	„ 36′	1 Daniell, Schwefels. 10 %	„	„	„	Reizung	52	110	166	221
30	„ 37′					Ruhe	49	103	156	206
31	„ 38′					„	50	100	153	207
32	„ 39′	„	„	„	„	Reizung	51	104	161	219
33	„ 40′					Ruhe	50	100	151	204
34	„ 41′	1 Grove	— 8½	0	„	Reizung	0			

Aus dieser Tabelle ergiebt sich, dass Reizung bei einem Rollenabstand von 28 C. M. ohne Nebenschliessung zu stark (No. 9), und eine solche mit vollkommener Nebenschliessung zu schwach war (No. 11). Auch eine Reizung, bei welcher nur 5 Widerstandseinheiten als Nebenschliessung eingeschaltet waren, liess noch zu wenig vom elektrischen Strom durch den Nerven abfliessen, um eine erhebliche Frequenzvermehrung zu bewirken (Nr. 15, 16). Bei einer Nebenschliessung mit 25 und mit 35 Widerstandseinheiten wurde die Zahl der Pulsschläge um 9 (No. 29) bis 17 (No. 13) in der Minute vermehrt. No. 19, bei einer Einschaltung von 20 Widerstandseinheiten, zeigt nur eine sehr geringe Zunahme.

Geht man die Beobachtungen No. 20 bis 33 durch, so findet man, dass in Folge der von Zeit zu Zeit wiederholten Reizung die Frequenz, die bei No. 20 während einer Ruhe von 8 Minuten um 41 Schläge gesunken war, sich auch während der Ruhe auf einer mittleren Höhe behauptet.

Endlich lehrt diese Versuchsreihe, dass man nur zweifelhafte Resultate zu erwarten hat, wenn man die Reizung nur eine halbe oder gar nur eine Viertelsminute fortsetzt; siehe No. 13, 16, 24, 27, 29, 32.

Nachdem die obige Versuchsreihe abgeschlossen war, wurde bei demselben Thier der linke Vagus blossgelegt und dicht unter dem oberen Halsganglion des Sympathicus durchschnitten; das peripherische Ende des Nerven ward nun zu Reizversuchen benutzt.

Tabelle III.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	12h.45′					Ruhe	49	99	147	196
2	„ 46′	1 Daniell mitSchwefels. 10 %	28C.M.	50 Met.	10M.M.	Reizung	50	101	156	214
3	„ 47′					Ruhe	49	100	154	209
4	„ 48′	„	„	40 „	„	Reizung	51	103	161	216
5	„ 49′					Ruhe	55	112	166	220
6	„ 50′	„	„	100 „	„	Reizung	59	118	173	230

Also auch die Reizung des vom Centrum getrennten Nervenstammes vermehrte jedes Mal die Häufigkeit der Herzschläge. Die Beobachtungen No. 3 und 5 lassen eine erhebliche Nachwirkung der Reizung erkennen. Um so sprechender ist die vermehrte Frequenz, welche dennoch jede neue Anwendung des Reizes hervorbrachte. Gegen die unmittelbar vorangehende Ruhe betrug die Zunahme 7 (No. 4) bis 18 (No. 2) Schläge in der Minute. Der Erfolg war also ebenso gross wie bei der Reizung des unversehrten linken Va-

gus. Hierdurch wird für diesen Fall die Annahme einer Reflexwirkung, welche in dem Hirn-Rückenmarksstamme zu Stande käme, ausgeschlossen.

Versuchsthier C.

31. October 1860. Einem weissen Kaninchen wurde der rechte Vagus blossgelegt; die Reizung erfolgte zunächst am unversehrten Stamm.

Tafel IV.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	11h.10′					Ruhe	39	78	121	163
2	„ 11′	1 Grove	28 C.M.	20 Met.	12 M.M.	Reizg.	39	79	121	163
3	„ 12′					Ruhe	42	83	130	176
4	„ 13′	„	„	1 „	„	Reizg.	41	85	132	179
5	„ 14′	„	„	„	„	„	44	90	138	183
6	„ 15′					Ruhe	39	78	119	162
7	„ 16′	„	„	„	„	Reizg.	44	89	137	181
8	„ 17′					Ruhe	39	79	122	164
9	„ 18′	„	„	2 „	„	Reizg.	43	88	135	183
10	„ 19′					Ruhe	39	81	124	167
11	„ 24′					„	34	69	108	147
	Jetzt wurden beide Vagi hoch oben am Halse durchschnitten, und eine halbe Minute nach der Durchschneidung des linken Vagus die Zählung fortgesetzt.									
12	11h.30′					Ruhe	40	83	128	173
13	„ 32′					„	43	88	136	183
14	„ 34′					„	41 1/2	84	129	173 1/2
15	„ 36′					„	39	81	125	168
16	„ 37′	1 Grove	28 C.M.	2 Met.	8 M.M.	Reizg. links	41	85	130	176
17	„ 39′					Ruhe	41	84	129	172
18	„ 41′					„	39	81	124	169

Nun wurden die Rollen übereinander geschoben, die gereizte Strecke mass 10 M. M., durch die Reizung (ohne Nebenschliessung) wurde auf der Stelle Herzstillstand hervorgebracht. Als die Kette

geöffnet ward, schlug das Herz wieder wie zuvor. Es wurde wieder auf dieselbe Weise Herzstillstand erzeugt und die Kette geschlossen gehalten, bis das Herz wieder anfing ordentlich zu schlagen, dann — bei unverrückten Elektroden — wieder geschlossen, und nun schlug das Herz fort, als wäre nichts geschehen. Darauf wurde das Elektrodenplättchen nach der Peripherie des Nerven vorgeschoben, und darauf zwang dieselbe Reizung das Herz sogleich zum Stillstand.

Bei Anwendung des Grove'schen Elements erschien in der obigen Versuchsreihe bei einer Nebenschliessung mit 20 Widerstandseinheiten die Reizung schon zu stark (No. 2).

Da ferner in No. 3 während der Ruhe die Frequenz zunahm, könnte man daran zweifeln, ob die verhältnissmässig geringe Frequenzvermehrung in No. 4 und 5, bei Einschaltung Eines Meters in der Nebenschliessung, als eine Folge der Reizung anzusehen sei; der Zweifel wird aber beseitigt, wenn man sieht, dass in No. 6 die Zahl der Herzschläge in der Minute, in welcher die Reizung aufgehoben war, von 183 auf 162 sank, um sogleich bei Wiedereinleitung der Wechselströme sich wieder auf 181 zu erheben, worauf sich das Sinken, Steigen und Sinken entsprechend der Ruhe, Reizung und Ruhe mit derselben Deutlichkeit wiederholte. Die höchste Frequenzzunahme betrug 19 Schläge in der Minute.

Auf die Durchschneidung beider Vagi erfolgte zwar im Vergleich zu der in No. 11 während der Ruhe angestellten Zählung ein Häufigerwerden des Herzschlags um 26 bis 36 Schläge (No. 12, 13), aber dann nahm die Frequenz wieder ab, um sich auf einer Stufe zu erhalten (170 im Mittel), welche die Zahl der Pulsschläge während der Ruhe vor Durchschneidung der Vagi (166 im Mittel), wenn man von dem extremen Fall in No. 11 absieht, nur wenig übertraf. Die in No. 16 angestellte Reizung brachte sogleich eine Zunahme von 8 Schlägen in der Minute hervor.

Versuchsthier D.

Tabelle V.

1. November 1860. Ein schwarzes Kaninchen auf dem Vivisectionsbrett lieferte nach Einsenkung der Zeigernadel in das Herz vor jedem anderweitigen operativen Eingriff:

Nummer der Beobachtung.	Zeit.						I.	II.	III.	IV.
1	11 h. 5'						46	98	148½	202
2	„ 7'						50	101	153	206
3	„ 9'						46	94½	146	199
Dann wurden beide Vagi mit einer scharfen Scheere durchschnitten und eine halbe Minute darauf die Herzschläge gezählt:										
4	11 h. 19'						39	80	123	167
5	„ 23'						40	82	127	173
6	„ 24'						42	85	131	176
7	„ 25'						43	88	137	187
8	„ 26'						42½	86½	133	179

Von hier an wurde das peripherische Ende des rechten Vagus zu Reizversuchen benutzt.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
9	11 h. 30'					Ruhe	42½	86½	133	179
10	„ 31'	1 Daniell m.Schwefels. 20 %	28 C. M.	50 Met.	8,5 M.M.	Reizung	43	89	138	188
11	„ 32'	„	„	„	„	„	47	95	143½	193
12	„ 33'					Ruhe	42½	87	134	181½
13	„ 35'					„	40	82	129	175½
14	„ 37'					„	42	88	134	181
15	„ 38'					„	42	86	132	178
16	„ 39'	„	„	20 „	„	Reizung	42	88	136	184
17	„ 40'	„	„	„	„	„	43	90	137	188
18	„ 41'	„	„	„	„	„	45	92	141	191
19	„ 42'					Ruhe	42	86	132	179
20	„ 43'					„	42	87	133	180
21	„ 44'					„	42	85	131	178
22	„ 45'	„	„	100 „	„	Reizung	42	87	133	182
23	„ 46'					Ruhe	42	87	133	181
24	„ 47'					„	43	89	132	179

Nummer der Beobachtung	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
25	11 h. 48′					Ruhe	44	89	131	176
26	„ 49′	1 Daniell m.Schwefels. 20 %	28 C. M.	20 Met.	8,5 M.M.	Reizung	45	93	137	186
27	„ 50′	„	„	10 „	„	„	45	94	136	185
28	„ 51′	„	„	5 „	„	„	48	94	140	187
29	„ 52′	„	„	4 „	„	„	45	92	135	182
30	„ 53′	„	„	2 „	„	„	45	90	135	183
31	„ 55′					Ruhe	43	89	130	177
32	„ 56′					„	43	89	133	181
33	12 h. 2′					„	43	87	132	179
34	„ 3′	„	–8½ C.M.	0	„	Reizung	0			

Diese Versuchsreihe bestätigt die Folgerungen, welche aus den früheren Tabellen abgeleitet wurden. Eine Einschaltung von 100 Widerstandseinheiten als Nebenschliessung brachte noch eine Zunahme um 4 Schläge in der Minute hervor (No. 22). Die höchste Zunahme in der ersten Minute, in welcher gereizt wurde, im Vergleich zur vorhergehenden Ruhe betrug 10 Herzschläge (No. 26); sie liess sich aber durch fortgesetzte Reizung bis auf 14 treiben (Nr. 11).

Sehr bemerkenswerth ist, dass auf die Durchschneidung beider Vagi statt einer vermehrten Frequenz eine verminderte Häufigkeit der Herzbewegungen sich einstellte (No. 4 bis 33); ja selbst während der Reizungen wurde nicht einmal mehr dieselbe Zahl von Herzschlägen erreicht, welche vor der Durchschneidung beider Vagi bestand (No. 1—3).

Versuchsthier E.

Durch die Versuche, die in den Tabellen III bis V mitgetheilt sind, ist zwar schon bewiesen, dass die vermehrte Frequenz des Herzschlags auch durch Reizung des vom verlängerten Mark getrennten Vagus bewirkt werden kann; dadurch ist aber die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass dennoch auch die Reizung des centralen Stumpfs den Herzschlag häufiger machen könnte. In diesem Falle müsste man dem Vagus ausser der directen Einwirkung auf das Herz

auch eine reflectorische, in den grossen Centralheerden vermittelte zuschreiben.

Zur Prüfung dieser Frage wurde am 5. November 1860 einem weissen Kaninchen der linke Vagus unten am Halse durchschnitten, und das *centrale* Ende zwischen die Elektroden genommen, während der rechte Vagus unversehrt war.

Tabelle VI.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	11h.10′					Ruhe	41	83½	130	175
2	„ 12′					„	44	88	132	174
3	„ 13′					„	38	79	121	164
4	„ 15′					„	40	81	125	168
5	„ 16′	1 Daniell mitSchwefels. 20 %	28C.M.	10 Met.	11M.M.	Reizung	40	82	128	173
6	„ 17′					Ruhe	40½	83	127	171
7	„ 23′	Der Nerv mit Eiweiss befeuchtet				„	43	89	136	184
8	„ 24′	1 Daniell mitSchwefels. 20 %	28C.M.	20 Met.	11M.M.	Reizung	41	86	134	181
9	„ 25′					Ruhe	42	86	134	181
10	„ 26′					„	43	87	134	181
11	„ 27′	„	„	2 „	„	Reizung	43	88	136	180
12	„ 28′					Ruhe	44	88	135	182

Aus diesen Zahlen lässt sich nur folgern, dass die Reizung des centralen Stumpfs des linken Vagus, obgleich der rechte Vagus unversehrt mit den Centraltheilen zusammenhing, keine Frequenzvermehrung erzeugte. Es ist also keine Reflexwirkung im Spiel, wenn Reizung des undurchschnittenen Vagus den Herzschlag häufiger macht.

Dasselbe Thier wurde noch zu Reizversuchen am rechten Vagus benutzt. Der Nerv war nicht durchschnitten.

Tabelle VII.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	12h.35′					Ruhe	41	84	127	171
2	„ 36′	1 Daniell, Schwefelsäure 20%	28C.M.	vollkommen	19 M.M.	Reizung	40	81	126	170
3	„ 37′	„	„	1 Meter	„	„	41	82	125	168
4	„ 38′	„	„	2 „	„	„	39	80	123	168
5	„ 39′	„	„	3 „	„	„	39	83	127	171
6	„ 40′	„	„	4 „	„	„	41	84	129	175
7	„ 41′	„	„	5 „	„	„	42	86	131	177
8	„ 42′	„	„	6 „	„	„	42	86	132	180
9	„ 43′	„	„	10 „	„	„	45	90	137	184
10	„ 44′	„	„	20 „	„	„	43	87	134	180
11	„ 45′					Ruhe	40	82	127	171
12	„ 46′	„	„	10 „	„	Reizung	41	84	129	173
13	„ 47′	„	„	20 „	„	„	41	85	132	178
14	„ 48′	„	„	40 „	„	„	43	88	135	182
15	„ 49′	„	„	50 „	„	„	42	85	131	179
16	„ 50′	„	„	40 „	„	„	44	90	137	184
17	„ 51′	„	„	40 „	„	„	45	90	138	187
18	„ 52′					Ruhe	41	86	133	181
19	„ 57′					„	43	87	131	179
20	„ 58′					„	42	86	132	180

In diesem Fall war eine Reizung, bei welcher nur 1 bis 3 Meter Widerstand in der Nebenschliessung angewandt wurden, zu schwach. und bei einer Einschaltung von 50 Widerstandseinheiten (No. 15) schien die Reizung bereits zu stark zu werden.

Durch ein allmäliges Ansteigen von 4 bis 10 Widerstandseinheiten (No. 6 bis 9) stieg die Häufigkeit des Pulses um 13, durch das Ansteigen von 10 auf 40 Widerstandseinheiten wurde sie um 16 Schläge in der Minute vermehrt.

Aus den Zählungen No. 18 bis 20 ergiebt sich eine deutliche Nachwirkung des Reizes, denn nachdem mit Unterbrechung Einer Minute im Ganzen 15 Minuten lang gereizt worden war, sank die

Frequenz zwar um 6 bis 8 Schläge gegen diejenige, welche während der Reizung bestand, sie lag aber 7 Minuten lang um 8 bis 10 Schläge höher als während der Ruhe zu Anfang und in der Mitte der Reizung (No. 1 und 11).

Das allmälige Ansteigen der Pulsfrequenz, während die Stärke der Reizung allmälig wuchs, das plötzliche Sinken der Frequenz beim Aufhören der Reizung ist der sicherste Beweis, dass jeder Verdacht einer zufälligen Wirkung hier völlig grundlos wäre.

Als die Nebenschliessung entfernt und die Rollen über einander geschoben waren, ward das Herz durch Einleitung der starken Wechselströme sogleich zum Stillstand gezwungen.

Versuchsthier F.

6. November 1860. Bei einem grauen Kaninchen, dessen linker Vagus zu anderweitigem Zweck mehrfach stark gereizt worden war, wurde der rechte Vagus blossgelegt, und durch dessen Reizung die folgende Beobachtungsreihe gewonnen.

Tabelle VIII.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	12h.16′					Ruhe	37	77	113	145
2	„ 17′	1 Daniell m. Schwefels. 20 %	28C.M.	10Meter	19 M.M.	Reizung	37	78	120	162
3	„ 18′					Ruhe	38	79	122	164
4	„ 19′					„	40	82	127	173
5	„ 20′					„	40	82	127	173
6	„ 21′					„	41	85	131	173
7	„ 22′	„	„	„	„	Reizung	43	87	133	179
8	„ 23′	„	„	5 „	„	„	41	86	133	181

Gleich die erste Reizung vermehrte die Häufigkeit der Herzbewegungen um 17 Schläge in der Minute (No. 2). Dann wurde auch in der Ruhe eine bedeutende Nachwirkung beobachtet (No. 3—6), da sich aber in 3 auf einander folgenden Minuten die Frequenz auf

gleicher Höhe hielt (No. 4—6), wurde von neuem gereizt und sogleich wieder eine Zunahme von 6—8 Schlägen hervorgebracht.

Nach der letzten Reizung verschied das Thier unter heftigen tetanischen Zuckungen mit furchtbarem Trismus.

In No. 2 liegt wieder ein Beispiel vor, in welchem die Frequenzzunahme erst in der zweiten Hälfte der Minute deutlich wurde.

Versuchsthier G.

16. November 1860, Albino-Kaninchen, kräftiges Thier. Der linke Vagus wurde unversehrt auf die Elektroden gebracht.

Tabelle IX.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	11h.12′					Ruhe	—	—	147	198
2	„ 13′					„	46	94	143	196
3	„ 14′					„	47	94	—	194
4	„ 15′					„	—	91	140	190
5	„ 16′	1 Daniell m. Schwefels. 10 %	28C.M.	5 Met.	11 M. M.	Reizung	48	95	146	200
6	„ 17′	„	„	„	„	„	48	98	152	207
7	„ 18′	„	„	„	„	„	50	103	158	214
8	„ 19′	„	„	„	„	„	51	100	161	216
9	„ 20′	„	„	„	„	„	52	101	158	214
10	„ 21′	„	„	„	„	„	52	104	162	220
11	„ 22′	„	„	„	„	„	52	107	163	222
12	„ 23′	„	„	„	„	„	—	109	169	228
13	„ 24′	„	„	„	„	„	—	111	171	232!
14	„ 25′	„	„	„	„	„	50	102	157	210
15	„ 26′	„	„	6 „	„	„	50	102	158	217
16	„ 27′	„	„	„	„	„	50	103	159	216
17	„ 28′	„	„	7 „	„	„	51	106	163	222
18	„ 29′	„	„	„	„	„	51	103	161	218
19	„ 30′	„	„	„	„	„	51	105	160	212
20	„ 31′	„	„	„	„	„	—	91	148	208
21	„ 32′	„	„	„	„	„	50	103	160	216
22	„ 33′	„	„	„	„	„	51	103	159	214

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
23	11h.34′	1 Daniell m. Schwefels. 10 %	28C.M.	7 Met.	11 M. M.	Reizung	49	97	147	195
24	„ 35′	„	„	8 „	„	„	47	97	150	202
25	„ 36′	„	„	„	„	„	45	95	149	204
26	„ 37′	„	„	„	„	„	50	102	154	210
27	„ 38′	„	„	„	„	„	48	100	155	211
28	„ 39′	„	„	„	„	„	48	100	155	211
29	„ 40′	„	„	„	„	„	51	105	161	218
30	„ 41′	„	„	„	„	„	—	104	163	218
31	„ 42′	„	„	„	„	„	49	—	158	216
32	„ 43′	„	„	„	„	„	51	104	160	216
33	„ 44′	„	„	10 „	„	„	50	103	158	216
34	„ 45′	„	„	„	„	„	54	104	156	207
35	„ 46′	„	„	„	„	„	47	97	149	203
36	„ 47′	„	„	„	„	„	50	98	151	202
37	„ 48′	„	„	„	„	„	44	76 !	Hier wurde die Reizung unterbrochen	
38	„ 49′	„	„	vollkommen	„	„	49	101	146	212
39	„ 50′	„	„	„	„	„	50	103	156	211
40	„ 51′	„	„	„	„	„	48	101	154	207
41	„ 52′	„	„	4 „	„	„	50	102	156	210
42	„ 53′	„	„	„	„	„	50	101	152	204
43	„ 54′	„	„	„	„	„	50	101	156	210
44	„ 55′	„	„	„	„	„	51	104	157	207
45	„ 56′	„	„	3 „	„	„	50	104	160	217
46	„ 57′	„	„	„	„	„	49	—	151	204
47	„ 58′	„	„	2 „	„	„	51	103	159	216
48	„ 59′	„	„	„	„	„	—	100	151	206
49	12 h.	„	„	1 „	„	„	50	103	160	216
50	„ 1′	„	„	„	„	„	50	104	160	218
51	„ 2′	„	„	„	„	„	51	105	162	219
52	„ 3′	„	„	„	„	„	51	106	162	221
53	„ 4′	„	„	„	„	„	51	82	96	126 !
54	„ 5′	„	„	vollkommen	„	„	43	95	146	200
55	„ 6′	„	„	„	„	„	47	97	150	206
56	„ 7′	„	„	„	„	„	49	100	153	205
57	„ 8′	„	„	„	„	„	47	100	154	210
58	„ 9′	„	„	„	„	„	49	100	152	209
59	„ 10′	„	„	„	„	„	50	104	156	211

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
60	12h.11′	1 Daniell m. Schwefels. 10 %	28 C.M.	vollkommen	11 M. M.	Reizung	50	103	159	215
61	„ 12′	„	„	„	„	„	50	104	159	214
62	„ 13′	„	„	„	„	„	51	104	159	215
63	„ 14′					Ruhe	--	105	157	212
64	„ 15′	„	„	5 Met.	„	Reizung	50	101	156	210
65	„ 16′	„	„	„	„	„	51	104	158	213
66	„ 17′	„	„	„	„	„	51	103	157	212
67	„ 18′	„	„	„	„	„	49	103	157	216
68	„ 19′	„	„	„	„	„	—	106	161	218
69	„ 20′	„	„	„	„	„	50	103	159	216
70	„ 21′	„	„	„	„	„	—	107	164	223
71	„ 22′	„	„	„	„	„	53	107	164	223
72	„ 23′	„	„	„	„	„	50	104	160	217
73	„ 24′	„	„	„	„	„	52	107	164	223
74	„ 25′	„	„	„	„	„	52	107	163	221
75	„ 26′	„	„	„	„	„	51	107	163	223
76	„ 32′					Ruhe	46	94	144	194
77	„ 33′	„	„	2 „	„	Reizung	47	96	146	198
78	„ 34′	„	„	„	„	„	46	95	144	194

Als die Nebenschliessung entfernt war, brauchte die secundäre Rolle der primären nur auf 14 C. M. genähert zu werden, um Stillstand hervorzubringen.

Während der ersten 4 Minuten, in denen der Nerv von jeder Reizung verschont blieb, ergab sich eine deutliche und beinahe stetige Abnahme in der Häufigkeit der Herzbewegung (No. 1—4). Mit dem Beginn der Reizung, bei einer Einschaltung von 5 Widerstandseinheiten, steigt die Frequenz sogleich um 10 Schläge (No. 5), und dann während 8 Minuten regelmässig und beinahe ganz stetig weiter, im Ganzen von 190 (No. 4) bis auf 232 (No. 13). Es wurde also eine Vermehrung der Herzschläge bis um 42 Schläge oder $^2/_9$ der ursprünglichen Frequenz in der Minute beobachtet. Dann sank die Häufigkeit des Herzschlags plötzlich um 22 Schläge in der Minute,

während die Stärke der Reizung gleich blieb (No. 14), aber durch verstärkte Reizung (Einschaltung von 6—7 Widerstandseinheiten) konnte sie wieder um 12 Schläge vermehrt werden (No. 19). Erst nachdem diese stärkere Reizung 8 Minuten lang angedauert hatte, nahm die Frequenz wieder, und zwar plötzlich um 19 Schläge ab (No. 22 auf 23), um bei einer neuen Verstärkung der Reizung allmälig wieder um 23 Schläge zuzunehmen (No. 24 bis 29). Fünf Minuten lang hielt sich dann die Häufigkeit des Herzschlags auf gleicher Höhe, 218 bis 216 Schläge in der Minute. Als aber bei No. 33 in der Nebenschliessung 10 Widerstandseinheiten eingeschaltet worden waren, begann die Frequenz zu sinken, und bei No. 37 betrug die Abnahme schon in der ersten Hälfte der Minute 22 Schläge gegen die unmittelbar vorausgegangene halbe Minute. Darum wurde die Reizung während einer halben Minute unterbrochen. Schon eine so schwache Reizung, wie sie bei vollkommener Nebenschliessung stattfindet, brachte nun eine bedeutende Frequenzvermehrung hervor, die sich auch bei mässig verstärkter Reizung erhielt (No. 38 bis 52), so dass die Zahl der Herzschläge um 31 über die letzte Zählung in der Ruhe gesteigert werden konnte.

Jetzt zeigte indess der durch mehrfache Reizung schon etwas ermüdete Nerv ein sehr merkwürdiges Verhalten. Während im Anfang der Versuchsreihe bei einer Einschaltung von 5 Widerstandseinheiten die Frequenz des Herzschlags 9 Minuten lang stieg bei gleich bleibender Stärke der eingeleiteten Wechselströme, schlug jetzt bei fortgesetzter schwächerer Reizung die Zunahme viel schneller in eine *relative* Abnahme um. Als bei No. 45 statt 4 nur 3 Widerstandseinheiten in die Nebenschliessung aufgenommen wurden, stieg die Frequenz des Pulses in der ersten Minute von 207 auf 217, fiel aber gleich in der zweiten Minute auf 204. Der Reiz wurde daher noch mehr geschwächt, statt 3 nur 2 Widerstandseinheiten eingeschaltet, der Puls stieg wieder auf 216 (No. 47), fiel aber gleich in der zweiten Minute auf 206. Nun liess ich nur eine Widerstandseinheit in dem Kreise der Nebenschliessung, und diese Reizung wurde länger vertragen, denn die Häufigkeit des Pulses stieg während 4 Minuten von 206 bis auf 221. Dann aber (No. 53) erfolgte ein

ebenso bedeutender Umschlag, wie in No. 37, die Frequenz sank plötzlich von 221 auf 126.

Diesmal wurde die Reizung nicht unterbrochen, sondern nur so viel als möglich, durch Anwendung der vollkommenen Nebenschliessung, geschwächt. Das Herz that gleich in der ersten Minute wieder 200 Schläge, ja die Frequenz stieg in 6 weiteren Minuten sogar auf 215, hielt sich 3 Minuten lang auf dieser Höhe, sank auch während der Ruhe Einer Minute nur auf 212, und konnte darauf durch eine Reizung von derselben Stärke, wie zu Anfang der Versuchsreihe (No. 5—14), welche 12 Minuten lang fortgesetzt ward, wieder auf 223 erhoben und erhalten werden (No. 64 bis 75).

So wie die Reizung aufgehoben ward, sank der Puls um 29 Schläge (No. 76), und durch eine schwächere Reizung, mit Einschaltung von 2 Widerstandseinheiten, wurde hieran nur wenig geändert; d. h. in der ersten Minute ergab sich nur eine Frequenzzunahme von 4 Schlägen, und in der zweiten war die Häufigkeit nur gleich derjenigen, die in der Ruhe bestand.

Hier hört nun aller Zweifel auf. Eine mässige, immerhin schwache Reizung des Vagus bringt, während sie mehre Minuten lang fortgesetzt wird, eine bedeutend vermehrte Frequenz des Herzschlags hervor. Aber schliesslich ermüdet der Nerv, und der Herzschlag wird viel seltner. Eine ganz kurze Erholung macht ihn in der früheren Weise der Einwirkung des Reizes wieder zugänglich; dauert aber die Ruhe nur eine halbe Minute lang, dann äussert sich der ermüdete Zustand noch dadurch, dass selbst bei einer *schwächeren* Reizung die vermehrte Häufigkeit, welche sie Anfangs bewirkt, sich *kürzere* Zeit behauptet. Sie lässt sich indess wiederholt durch weitere Abschwächung des Reizes auf's Neue hervorrufen.

Aber selbst eine sehr schwache Reizung (Einschaltung von nur 1 Widerstandseinheit in der Nebenschliessung) erreicht bei dem so ermüdeten Nerven in einigen Minuten das Ende der die Häufigkeit des Herzschlags steigernden Wirkung.

Und dennoch, man braucht die Reizung nur noch weiter zu schwächen (vollkommene Nebenschliessung), dann geht die Frequenz wieder in die Höhe, und nun genügt eine Ruhezeit von einer Mi-

nute, um auch eine stärkere Reizung (mit 5 Widerstandseinheiten in der Nebenschliessung) wieder ausgezeichnet wirksam zu machen.

Lässt man dann dem Nerven plötzlich Ruhe, dann sinkt die Frequenz sogleich bedeutend.

Es ist also jede Möglichkeit abgeschnitten zu sagen, dass nach einer Reizung, welche stark genug war, um den Herzschlag seltener zu machen, eine schwächere Reizung ihn nur deshalb wieder häufiger macht, weil die schwache Reizung gar nicht wirkt. Wie wäre es sonst möglich, dass die Frequenz in der Ruhe noch geringer, um 29 Schläge in Einer Minute geringer würde?

Versuchsthier H.

Am 20. November 1860 lag der linke Vagus eines Kaninchens um 11 Uhr 10 Minuten auf den Elektroden.

Tabelle X.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.	Besondere Bemerkungen.
1	11 h. 14′					Ruhe	45	91	141	190	
2	„ 15′					„	45	91	139	188	
3	„ 19′					„	45	90	143	196	
4	„ 20′					„	46	94	143	194	
5	„ 21′	1 Daniell, SO^3 10 %	28 C. M.	5 Meter	12 M. M.	Reizung	44	91	141	191	
6	„ 22′	„	„	„	„	„	47	93	143	192	
7	„ 23′	„	„	1 „	„	„	44	92	142	191	
8	„ 24′	„	„	10 „	„	„	45	93	—	192	
9	„ 25′	„	„	20 „	„	„	46	95	146	199	
10	„ 26′	„	„	„	„	„	50	99	151	205	
11	„ 27′	„	„	„	„	„	—	100	152	207	
12	„ 28′	„	„	„	„	„	48	99	152	205	
13	„ 29′	„	„	„	„	„	49	100	149	199	Zuckungen
14	„ 30′	„	„	„	„	„	46	94	143	194	
15	„ 31′	„	„	„	„	„	—	96	147	200	
16	„ 32′	„	„	„	„	„	47	97	150	202	
17	„ 33′	„	„	„	„	„	47	97	148	200	
18	„ 34′	„	„	40 „	„	„	47	96	147	198	
19	„ 35′	„	„	90 „	„	„	—	94	145	198	
20	„ 36′	„	„	„	„	„	45	94	—	196	
21	„ 37′	„	„	100 „	„	„	45	—	144	194	

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.	Besondere Bemerkungen.
22	11 h. 38′	1 Daniell, SO^3 10 %	28 C. M.	150 Met.	12 M.M.	Reizung	46	—	151	206	
23	„ 39′	„	„	vollkommen	„	„	47	98	151	207	
24	„ 40′	„	„	„	„	„	50	102	156	210	
25	„ 41′					Ruhe	49	99	152	207	
26	„ 42′					„	48	96	145	196	
27	„ 43′					„	46	93	142	191	
28	„ 44′					„	45	91	—	190	
29	„ 45′					„	—	—	—	160	Zuckungen
30	„ 46′					„	—	88	133	181	
31	„ 47′					„	41	86	132	181	
32	„ 48′	„	„	150 Met.	„	Reizung	44	92	142	194	
33	„ 49′	„	„	„ „	„	„	46	94	145	193	
34	„ 50′	„	„	„ „	„	„	47	96	146	198	
35	„ 51′	„	„	„ „	„	„	—	95	145	198	
36	„ 52′	„	„	„ „	„	„	46	95	146	198	
37	„ 53′	„	„	200 „	„	„	47	96	147	199	
38	„ 54′	„	„	„ „	„	„	46	95	—	200	
39	„ 55′	„	„	„ „	„	„	48	96	148	199	
40	„ 56′	„	„	„ „	„	„	47	97	147	198	
41	„ 57′	„	„	400 „	„	„	47	97	149	204	
42	„ 58′	„	„	„	„	„	50	102	156	211	
43	„ 59′	„	„	„	„	„	50	101	154	209	
44	12 h.	„	„	„	„	„	47	98	151	205	
45	„ 1′	„	„	„	„	„	49	100	—	209	
46	„ 2′	„	„	600 „	„	„	50	102	156	213	
47	„ 3′	„	„	„	„	„	50	102	157	213	
48	„ 4′	„	„	„	„	„	49	101	156	213	
49	„ 5′	„	„	800 „	„	„	51	103	158	214	
50	„ 6′	„	„	„	„	„	52	103	158	211	
51	„ 7′	„	„	„	„	„	49	101	156	210	
52	„ 8′	„	„	„	„	„	—	103	157	211	
53	„ 9′	„	„	1000 „	„	„	—	—	143	194	
54	„ 10′	„	„	„	„	„	45	92	142	192	
55	„ 11′	„	„	„	„	„	44	90	139	189	
56	„ 12′	„	„	1500 „	„	„	44	—	141	191	
57	„ 13′	„	„	„	„	„	46	94	145	195	
58	„ 14′	„	„	2000 „	„	„	46	96	146	199	
59	„ 15′	„	„	„	„	„	46	95	146	198	
60	„ 16′	„	„	4000 „	„	„	45	93	143	192	
61	„ 17′	„	„	„	„	„	46	93	142	191	
62	„ 18′	„	„	„	„	„	45	94	146	199	
63	„ 19′	„	„	4500 „	„	„	47	99	154	210	
64	„ 20′	„	„	„	„	„	—	88	136	183	
65	„ 21′	„	„	4900 „	„	„	46	94	143	195	
66	„ 22′	„	„	„	„	„	46	95	146	197	
67	„ 23′	„	„	5000 „	„	„	50	100	153	209	
68	„ 24′	„	„	7000 „	„	„	49	101	155	211	

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.	Besondere Bemerkungen.
69	11 h. 25′	1 Daniell, SO^3 10 %	28 C. M.	7000 Met.	12 M.M.	Reizung	51	101	154	205	
70	„ 26′	„	„	„	„	„	47	96	148	200	
71	„ 27′	„	„	„	„	„	49	102	156	211	
72	„ 28′	„	„	9000 „	„	„	51	103	155	210	
73	„ 29′	„	„	„	„	„	49	103	158	214	
74	„ 30′	„	„	„	„	„	49	100	157	213	
75	„ 31′	„	26 „	„	„	„	50	102	157	212	
76	„ 32′	„	24 „	„	„	„	50	104	160	218	
77	„ 33′	„	22 „	„	„	„	—	102	158	214	
78	„ 34′	„	20 „	„	„	„	51	103	158	211	
79	„ 35′	„	18 „	„	„	„	49	103	155	209	
80	„ 36′	„	16 „	„	„	„	48	99	153	207	
81	„ 37′	„	14 „	„	„	„	50	103	157	210	
82	„ 38′	„	12 „	„	„	„	50	100	151	205	
83	„ 39′	„	10 „	„	„	„	48	99	152	206	
84	„ 40′	„	8 „	„	„	„	33	73	121	164	
85	„ 41′	„	7 „	„	„	„	22	57	95	108	
86	„ 42′	„	28 „	„	„	„	44	93	144	197	
87	„ 43′	„	„	5 „	„	„	48	99	151	206	
88	„ 44′	„	„	„	„	„	50	99	153	208	
89	„ 45′	„	„	„	„	„	49	100	154	209	
90	„ 46′	„	„	1 „	„	„	49	100	155	210	
91	„ 47′	„	„	„	„	„	—	100	153	198	
92	„ 48′	„	„	„	„	„	43	—	147	196	
93	„ 49′					Ruhe	40	84	131	190	
94	„ 50′					„	—	90	140	187	
95	„ 51′					„	43	86	132	187	
96	„ 52′	„	„	„	„	Reizung	44	93	147	203	
97	„ 53′	„	„	„	„	„	50	103	156	210	
98	54′					Ruhe	46	95	146	196	
99	„ 55′					„	44	91	139	187	

Bei diesem Kaninchen musste die Reizung verhältnissmässig stark genommen werden, um eine deutliche Vermehrung in der Frequenz des Herzschlags hervorzurufen. Erst als 20 Widerstandseinheiten in der Nebenschliessung eingeschaltet waren, nahm die Häufigkeit der Herzbewegung bis um 13 Schläge — von 194 bis auf 207 — zu (No. 4 und No. 11). Aber bei fortgesetzter Reizung sank die Frequenz wieder bis auf 194, selbst als 40, 90 und 100 Widerstandseinheiten in der Nebenschliessung aufgenommen waren. Dann stieg sie wieder bei Einschaltung von 150 Einheiten (No. 22), und nun zeigte sich 3 Minuten lang eine deutliche Nachwirkung, während vollkom-

mene Nebenschliessung angewandt war (No. 23, 24) und während der Ruhe (No. 25). Allein bei fortgesetzter Ruhe sank der Puls in 6 Minuten wieder von 210 auf 181 Schläge (No. 25 bis 30), einmal sogar auf 160 (No. 29), aber in dieser Minute hatte das Thier Zuckungen, die sehr häufig von einer plötzlichen Abnahme der Frequenz begleitet sind (vgl. No. 13).

Als sich die gesunkene Frequenz auf 181 hielt (No. 31), wurde wieder jene Reizstärke angewandt, die sich im ersten Theil der Versuchsreihe als die erfolgreichste bewährt hatte (Einschaltung von 150 Widerstandseinheiten). Sogleich stieg die Zahl der Herzbewegungen um 13 in der Minute (No. 32) und bald um 17. Auf dieser Höhe blieb die Frequenz 3 Minuten lang (No. 34—36). Es wurde daher die Reizung allmälig verstärkt, und als 800 Widerstandseinheiten eingeschaltet waren, stieg der Puls auf 214 in der Minute (No. 49), was gegen die Ruhe (No. 30, 31) eine Zunahme von 33 Schlägen oder beinahe $^2/_9$ der Frequenz in der Ruhe ergiebt.

So lange nur 800 Widerstandseinheiten eingeschaltet waren, blieb die Häufigkeit des Herzschlags nahezu gleich, 214 bis 210 (No. 49 bis 52). Bei Einschaltung von 1000 Widerstandseinheiten sank sie bis auf 189 (No. 53 bis 55). Bei 1500 und 2000 Einheiten stieg sie wieder etwas (No. 56 bis 59), um bei 4000 Einheiten auf's Neue vorübergehend zu sinken (No. 60 und 61). Aber es stellt sich in No. 62 von Neuem Zunahme ein, von 191 bis auf 199, und sie erreicht 210, als die Reizung durch Einschaltung von 4500 Einheiten noch mehr verstärkt wurde. Dann geht sie zwar plötzlich auf 183 herunter, aber eine noch weitere Verstärkung der Reizung, die sich nicht auf die Einschaltung einer grösseren Zahl von Widerstandseinheiten beschränkte, sondern mit einer Verminderung des Rollenabstands verbunden ward, erhöhte die Frequenz, wenn auch mit kleinen Schwankungen, bis nach 12 Minuten, bei einem Rollenabstand von 24 C. M. und einer Nebenschliessung von 9000 Meter das Maximum von 218 erreicht ward (No. 76), das sich von der Frequenz in der Ruhe (181) um 37 Schläge unterscheidet.

Erst als bei gleich bleibender Nebenschliessung die secundäre Rolle der primären bis auf + 8 C. M. genähert war, sank die

Frequenz plötzlich bis auf 164, und durch weiteres Heranrücken an die primäre Rolle um 1 C. M. bis auf 108 (No. 84, 85). Dieses Sinken erfolgt ausserordentlich viel unregelmässiger als das Steigen während einer hinlänglich schwachen Reizung vor sich geht, wie sich deutlich herausstellt, wenn man die Zahlen, welche in No. 84 und 85 auf die einzelnen Viertelsminuten kommen, unter einander schreibt:

erstes	Viertel	33
zweites	„	40
drittes	„	48
viertes	„	43
fünftes	„	22
sechstes	„	35
siebentes	„	38
achtes	„	13.

Gerade diese Unregelmässigkeit spricht für eine Ermüdung des Nerven, welche durch die lange fortgesetzte und allmälig verstärkte Reizung hervorgebracht ward.

Nun wurde der Abstand der Rollen wieder auf 28 C. M. vergrössert (No. 86) und in den darauf folgenden Minuten auch die Nebenschliessung wieder von 9000 auf 5 Einheiten reducirt. Gleich steigt die Frequenz von 108 auf 197 und stetig weiter bis auf 209 (No. 89).

Als darauf nur noch Eine Einheit in der Nebenschliessung gelassen wurde, sank die Frequenz allmälig bis auf 196 (No. 90—92).

Nun wurde die Reizung aufgehoben. Die Frequenz sank gleich bis auf 187 (No. 93, 94). Als sie in No. 95 darauf stehen blieb, wurde wieder mit der zuletzt angewandten Stärke gereizt: Zunahme der Frequenz bis um 23 Schläge in der Minute (No. 96—97). Dann Ruhe: Abnahme um ebenso viel (No. 98, 99).

Man kann also den elektrischen Reiz allmälig verstärken, bis der Herzschlag seltner wird, als er es vor Beginn der Reizung war; reizt man nun noch stärker, dann sinkt die Frequenz noch mehr und

zwar stossweise. Schwache Reize heben dann, auch ohne zwischengeschobene Ruhezeit, die Frequenz wieder über ihre Anfangsgrösse, aber der Nerv wird jetzt rascher ermüdet. In der Ruhe nimmt die Frequenz wieder ab bis zur Anfangsgrösse. Schwache Reizung hebt sie dann wieder bedeutend und rasch, und eben so rasch und bedeutend drückt die Ruhe sie wieder hinunter.

Diese Versuchsreihe ist also eine vollkommene Bestätigung der an dem Kaninchen G gewonnenen, und um so mehr werth, da sie bei ganz anderen Reizungsgraden erhalten ist. Auch hier kann man nicht sagen, der starke Reiz habe eben durch die ihm specifische Reizwirkung die Frequenz herabgedrückt, und die Abschwächung des Reizes habe deshalb wieder vermehrte Frequenz bewirkt, weil der Reiz unwirksam geworden sei. Denn 1) ist die Frequenz während der schwachen Reizung grösser als sie während der Ruhe war, ehe die Reizung begann, und 2) sinkt die Frequenz sogleich zu ihrer anfänglichen Grösse, wenn man die Reizung unterbricht, um durch das Einleiten der Wechselströme gleich wieder zu steigen.

Versuchsthier. I.

28. November 1860. An einem weissen Kaninchen sollte versucht werden, wie hoch sich die Frequenzvermehrung des Herzschlags durch eine allmälig verstärkte Reizung des Vagus steigern lässt. Zu dem Ende wurde mit Einschaltung Einer Widerstandseinheit begonnen und jede halbe (beziehungsweise ganze) Minute eine Einheit mehr in die Nebenschliessung aufgenommen; wenn in der Rubrik: „Nebenschliessung“ zwei Zahlen stehen, dann bezieht sich die eine auf die erste und die zweite auf die andere Hälfte der Minute. Um 11 Uhr 22′ lag der Nerv auf den Elektroden.

Tabelle XI.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	11h.27′					Ruhe	46	91	137	185
2	„ 28′					„	46	92	140	188
3	„ 29′					„	45	93	140	188
4	„ 30′					„	48	„	145	194
5	„ 31′					„	49	95	148	198
6	„ 32′					„	43	90	138	185
7	„ 33′					„	43	89	134	179
8	„ 34′					„	44	88	134	179
9	„ 35′	1 Daniell, Schwefelsäure 10%	28 C.M.	1.2 Met.	22 MM.	Reizung	46	93	141	191
10	„ 36′	„	„	3.4 „	„	„	47	94	141	191
11	„ 37′	„	„	5.6 „	„	„	46	92	138	187
12	„ 38′	„	„	7.8 „	„	„	47	94	141	190
13	„ 39′	„	„	9.10 „	„	„	46	93	139	187
14	„ 40′	„	„	11.12 „	„	„	46	93	142	190
15	„ 41′	„	„	13.14 „	„	„	48	94	143	192
16	„ 42′	„	„	15.16 „	„	„	47	95	144	194
17	„ 43′	„	„	17.18 „	„	„	47	96	145	194
18	„ 44′	„	„	19.20 „	„	„	46	94	143	191
19	„ 45′	„	„	21.22 „	„	„	48	99	148	196
20	„ 46′	„	„	23.24 „	„	„	50	101	150	200
21	„ 47′	„	„	25 „	„	„	51	100	149	197
22	„ 48′	„	„	26.27 „	„	„	49	99	150	199
23	„ 49′	„	„	28.29 „	„	„	51	102	151	201
24	„ 50′	„	„	30.31 „	„	„	52	103	153	204
25	„ 51′	„	„	32.33 „	„	„	52	104	155	206
26	„ 52′	„	„	34.35 „	„	„	51	103	155	205
27	„ 53′	„	„	36.37 „	„	„	51	103	155	207
28	„ 54′	„	„	38.39 „	„	„	53	105	156	207
29	„ 55′	„	„	40.41 „	„	„	53	105	156	209
30	„ 56′	„	„	42.43 „	„	„	53	105	156	209
31	„ 57′	„	„	44.45 „	„	„	53	106	159	211
32	„ 58′	„	„	46.47 „	„	„	55	108	161	215
33	1 „ 59′	„	„	48.49 „	„	„	54	109	161	214
34	2	„	„	50.51 „	„	„	54	108	161	216
35	„ 1′	„	„	52.53 „	„	„	54	108	162	216
36	„ 2′	„	„	54.55 „	„	„	55	112	164	218

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
37	12h. 3′	1 Daniell, Schwefelsäure 10%	28C.M.	56.57Met.	22M.M.	Reizung	55	111	165	219!
38	„ 4′	„	„	58.59 „	„	„	55	111	165	219;
39	„ 5′	„	„	60.61 „	„	„	55	109	160	209
40	„ 6′	„	„	61 „	„	„	49	99	149	199
41	„ 7′	„	„	25 „	„	„	51	97	147	196
42	„ 8′	„	„	1 „	„	„	51	100	149	197
43	„ 9′	„	„	1 „	„	„	47	95	143	190
44	„ 10′					Ruhe	50	98	143	185
45	„ 11′					„	47	94	148	184
46	„ 12′					„	46	93	138	182
47	„ 13′					„	46	93	139	185
48	„ 14′					„	44	91	138	185
49	„ 15′					„	46	94	143	191
50	„ 16′					„	48	96	145	195
51	„ 17′					„	49	100	150	199
52	„ 18′					„	—	99	147	197
53	„ 19′					„	50	100	150	198
54	„ 20′					„	49	98	143	190
55	„ 21′	„	„	5 „	„	Reizung	49	100	151	203
56	„ 22′	„	„	„	„	„	53	105	159	210
57	„ 23′	„	„	„	„	„	53	106	158	211
58	„ 24′					Ruhe	51	102	151	194
59	„ 25′					„	46	92	138	186

So wie die Reizung begann (No. 9), nahm die Häufigkeit des Herzschlags deutlich zu. Aber erst von No. 21 an, als 25 Widerstandseinheiten in die Nebenschliessung aufgenommen waren, erhob sich die Frequenz beinahe stetig weiter mit zunehmender Stärke des Reizes, bis in No. 37 mit 219 Schlägen in der Minute das Maximum erreicht ward, welches um 40 Schläge höher lag als die Frequenz in den beiden letzten Minuten der Ruhe: 179 (No. 7, 8). Dieses Maximum entspricht sehr nahe dem in Tabelle IX, Nr. 13 (S. 420) beobachteten, es beträgt auch hier $^2/_9$ der ursprünglichen, vor der Reizung beobachteten Frequenz.

Auf dieser Höhe blieb die Häufigkeit des Herzschlags auch wäh-

Continued in front of no [illegible]

rend der folgenden Minute. Nun waren 59 Widerstandseinheiten in der Nebenschliessung eingeschaltet. Wie aber die Reizung noch stärker genommen ward, fiel die Frequenz, und das Sinken behauptete sich auch als die Reizung bedeutend geschwächt ward (bis auf die Anwendung einer einzigen Widerstandseinheit). Indess eine vollständige Ruhe von 11 Minuten genügte, um eine Reizung bei 5 Widerstandseinheiten wieder erfolgreich zu machen, so dass in Zeit von 3 Minuten die Frequenz wieder um 21 Schläge in der Minute zunahm. Während 2 Minuten darauf folgender Ruhe sank sie wieder um 25 (No. 55 bis 59).

Versuchsthier K.

21. November 1860. Bei einem kräftigen grauen Kaninchen wurde der linke Vagus blossgelegt.

Tabelle XII.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	11h.20′					Ruhe	40	82	126	170
2	„ 21′					„	41	83	125	169
3	„ 22′	1 Daniell, Schwefelsäure 10%	10 C. M.	0	5 M. M.	Reizung	40	83	127	173
4	„ 23′	„	8 „	„	„	„	41	84	131	177
5	„ 24′	„	6 „	„	„	„	40	83	125	167
6	„ 25′	„	4 „	„	„	„	34	68	109	151
7	„ 26′	„	3 „	„	„	„	39	78	118	160
8	„ 27′	„	3 „	„	„	„	—	73	113	154
9	„ 28′	„	2 „	„	„	„	35	73	112	137
10	„ 29′	„	2 „	„	„	„	22	46	74	100
11	„ 30′	„	1 „	„	„	„	30	67	103	140
12	„ 31′	„	1 „	„	„	„	35	65	95	127
13	„ 32′	„	1 „	„	„	„	29	64	100	137
14	„ 33′	„	½ „	„	„	„	34	69	106	140
15	„ 34′	„	½ „	„	„	„	34	69	105	135
16	„ 35′	„	0 „	„	„	„	32	67	104	142
17	„ 36′	„	—1 „	„	„	„	25	49	72	98
18	„ 37′	„	—2 „	„	„	„	20	40	61	83

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
19	11h.38′	1 Daniell; Schwefelsäure 10%	—3C.M.	0	5 M. M.	Reizung	11	26	44	67
20	„ 39′	„	—4 „	„	„	„	19	38	60	83
21	„ 40′	„	—5 „	„	„	„	19	40	62	86
22	„ 41′	„	—6 „	„	„	„	20	40	63	87
23	„ 42′	„	—7 „	„	„	„	20	44	67	87
24	„ 43′	„	—8 „	„	„	„	—	31	51	73
25	„ 44′	„	„ „	„	„	„	24	47	72	98
26	„ 45′	„	—8½ „	„	„	„	26	53	79	104
27	„ 46′	1 Grove	„	„	„	„	24	47	73	100

Die Reizung war hier von Anfang zu stark gegriffen, um eine erhebliche Frequenzzunahme der Herzbewegung zu erwarten. Es ward aber durch diese Reihe die lehrreiche Thatsache ermittelt, dass bei einem allmäligen Anschwellen der Reizstärke die Zahl der Pulsschläge zwar bedeutend sinkt, dass man aber mit dem Vagus in Ströme von einer Stärke, die sonst auf der Stelle das Herz zum Stillstand zwingen, hineinschleichen kann, ohne dass die Herzbewegung aufhört.

3. Versuche an Fröschen.

In Schiff's Versuchen liegt ein so reiches und mannigfaltiges Material vor, um eine vermehrte Frequenz des Herzschlags bei Fröschen als Folge einer gehörig abgeschwächten Vagus-Reizung zu erweisen, dass eine Mittheilung neuer Versuche am Frosch sich nur dadurch rechtfertigen lässt, dass diese Versuche zum Theil nach andern Methoden ausgeführt wurden und deshalb um so mehr geeignet sein dürften, Schiff's Angaben, die von Einigen überhört, von Anderen bestritten wurden, in ihr gutes Recht einzusetzen. Das Folgende dient also zur Bestätigung und Erweiterung der Schiff'schen Angabe, dass man durch eine richtig abgestufte Vagus-Reizung den Herzschlag der Frösche häufiger machen kann.

Bevor ich die einzelnen Versuche mittheile, muss ausdrücklich

bemerkt werden, dass ich beim Frosch, wie beim Kaninchen, immer an lebenden Thieren experimentirt habe. Nur die *Rana esculenta,* auf welche sich die Tabelle XIII bezieht, war vorher geköpft worden.

In der Regel braucht die Reizung nicht durch Nebenschliessung geschwächt zu werden, um die Häufigkeit des Herzschlags zu vermehren. In einzelnen Fällen habe ich zwar auch bei Anwendung der allerschwächsten Ströme die Frequenz zunehmen sehen, aber der Frosch bedarf im Allgemeinen einer viel stärkeren Reizung als das Kaninchen, und sichere Erfolge habe ich erst dann bei Fröschen erzielt, als ich den Rheostaten wegliess und mit dem Schlittenapparat in ähnlicher Weise reizte, wie Schiff es gethan. Ich habe indess niemals die Eisenstäbchen aus der primären Rolle entfernt.

Versuchsthier *a.*

24. Aug. 1860. *Rana esculenta.* Nachdem das Thier geköpft war, wurden die beiden Vagi von dem verlängerten Mark getrennt, und darauf der linke Vagus mit allen Aesten auf das Elektrodenplättchen gebracht.

Tabelle XIII.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	Zahl der Herzschläge in 1/4 Minute.
1	11 h. 30′					Ruhe	15
2	„ 31′					„	14
3	„ 32′					„	14
4	„ 33′					„	15
5	„ 34′	1 Daniell mit Wasser	35 C. M.	0	3—4 M.M.	Reizung	16
6	„ 35′					Ruhe	14
7	„ 36′					„	14
8	„ 37′	„	14 „	„	„	Reizung	14
9	„ 38′					Ruhe	13
10	„ 39′					„	13
11	„ 40′	„	25 „	„	„	Reizung	14
12	„ 41′					Ruhe	14
13	„ 42′					„	14

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	Zahl der Herzschläge in 1/4 Minute.
14	11 h. 43′	1 Daniell mit Wasser	28 C. M.	vollständig	3—4 M.M.	Reizung	16
15	„ 44′					Ruhe	13
16	„ 45′					„	14
17	„ 46′	„	„	1 Met.	„	Reizung	15
18	„ 47′					Ruhe	13
19	„ 48′					„	13
20	„ 49′	„	„	2 „	„	Reizung	15
21	„ 50′					Ruhe	12
22	„ 51′					„	14
23	„ 52′	„	„	3 „	„	Reizung	14
24	„ 53′					Ruhe	13
25	„ 54′	„	„	1 „	„	Reizung	15
26	„ 55′					Ruhe	14
27	„ 56′					„	13
28	„ 57′					„	12
29	„ 58′	„	27 „	„ „	„	Reizung	13
30	„ 59′					Ruhe	12
31	12 h.					„	11
32	„ 1′	„	34,5 „	„ „	„	Reizung	13 !
33	„ 2′					Ruhe	13
34	„ 3′					„	13
35	„ 4′	„	„	„ „	„	Reizung	14
36	„ 5′	„	„	„ „	„	„	14
37	„ 6′					Ruhe	13
38	„ 7′					„	13
39	„ 8′	„	„	3 „	„	Reizung	13
40	„ 9′					Ruhe	13
41	„ 10′					„	13
42	„ 11′	1 Daniell m. Schwefels. 20 %	„	„ „	„	Reizung	13
43	„ 12′					Ruhe	12
44	„ 13′					„	12
45	„ 14′	„	„	4 „	„	Reizung	13
46	„ 15′					Ruhe	12
47	„ 16′					„	12
48	„ 17′	„	„	5 „	„	Reizung	13
49	„ 18′					Ruhe	12
50	„ 19′					„	12

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	Zahl der Herzschläge in $^1/_4$ Minute.
51	12 h. 20′	1 Daniell mit Schwefels. 20 %	34,5 CM.	10 Met.	3—4 M.M.	Reizung	13
52	„ 21′					Ruhe	13
53	„ 22′					„	12
54	„ 23′	„	„	5 „	„	Reizung	13
55	„ 24′					Ruhe	12
56	„ 25′					„	12
57	„ 26′	„	„	10 „	„	Reizung	13
58	„ 27′					Ruhe	13
59	„ 28′					„	12
60	„ 29′	„	„	20 „	„	Reizung	13
61	„ 30′	„	„	30 „	„	„	13
62	„ 31′					Ruhe	14
63	„ 32′	„	„	50 „	„	Reizung	13½
64	„ 33′					Ruhe	13½
65	„ 34′	„	„	100 „	„	Reizung	14
66	„ 35′					Ruhe	13
67	„ 36′	„	„	200 „	„	Reizung	14½
68	„ 37′	„	„	300 „	„	„	14½
69	„ 38′	„	„	500 „	„	„	15
70	„ 39′					Ruhe	14

In dieser Versuchsreihe wurde 22 Mal die Reizung eingeleitet und zwar 4 Mal mit dem Erfolg, dass die Frequenz in 1 Viertel Minute um 2 Schläge zunahm, 1 Mal um $1^1/_2$, 11 Mal um 1, 1 Mal um $^1/_2$, 4 Mal um 0 und 1 Mal um — $^1/_2$. Unter den 4 erfolglosen Reizungen war offenbar 1 Mal (No. 8) die Reizung zu stark. Es geht also mit aller Bestimmtheit aus dieser Versuchsreihe hervor, dass eine schwache Vagus-Reizung die Frequenz des Herzschlags auch beim Frosche zu steigern vermag.

Das Maximum — Zunahme von 11 auf 13, also um $^2/_{11}$ der ursprünglichen Frequenz — wurde hier bei einer sehr schwachen Reizung beobachtet (No. 32).

Von nun an wurden die Versuche ohne alle Nebenschliessung angestellt.

Versuchsthier *b.*

21. December 1860. *Rana temporaria.* Nur der *R. cardiacus* wurde über das Elektrodenplättchen geschoben. Um 11 Uhr 10 Minuten war alles vorbereitet.

Tabelle XIV.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	11 h. 16′				Ruhe	12	22½	32½	43
2	„ 17′				„	11	21	32½	43½
3	„ 18′				„	10½	21	32½	44
4	„ 19′				„	11	22	34	45
5	„ 20′				„	12	23	34	45½
6	„ 21′				„	12	23½	34	45
7	„ 22′	1 Grove	28 C. M.	3—4 M.M.	Reizung	12½	24	35	46
8	„ 23′				Ruhe	12	23½	34	46
9	„ 24′				„	11½	22½	33	45
10	„ 25′				„	12½	23½	35	47
11	„ 26′				„	12	23	34	45½
12	„ 27′				„	13	24	35½	47
13	„ 28′				„	12½	24	36	47½
14	„ 29′				„	12	24	36	47½
15	„ 30′	„	30 „	„	Reizung	12	24½	36	48
16	„ 31′				Ruhe	11½	23	35	46½
17	„ 32′	„	„	„	Reizung	13	25½	36	49
18	„ 33′				Ruhe	12	24	35	46½
19	„ 34′				„	13	25	36	47½
20	„ 35′				„	12	24	35½	46½
21	„ 36′				„	12	24	36	47
22	„ 37′				„	11½	23	34½	45½
23	„ 38′	„	„	„	Reizung	13	25	36	49
24	„ 39′				Ruhe	11	23	34½	46
25	„ 40′				„	12	24	35	47
26	„ 41′				„	12	23½	34	46
27	„ 42′	„	28 „	„	Reizung	13	25	37	49
28	„ 43′				Ruhe	11½	23	35	46
29	„ 44′	„	27 „	„	Reizung	13	24½	36	48

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
30	11 h. 45′				Ruhe	11½	23½	34½	46
31	„ 46′				„	12½	24	35	47
32	„ 49′				„	12½	24	36	47½
33	„ 50′				„	11½	23	34	45
34	„ 51′	1 Grove	27 C. M.	3—4 M.M.	Reizung	12½	24	36	48
35	„ 52′				Ruhe	11	22	34	45
36	„ 53′	„	27½ „	„	Reizung	12	23½	35½	47
37	„ 54′	„	27½.26 „	„	„	11½	22	33½	45
38	„ 55′				Ruhe	10½	23	34½	46
39	„ 56′				„	11½	23½	35	46½
40	„ 57′				„	12	24	35½	47
41	„ 58′				„	12	23½	35	47
42	„ 59′	„	26 „	„	Reizung	12	23	35	48
43	12 h.	„	30 „	„	„	11½	23	34½	46½
44	„ 1′				Ruhe	11½	22½	34	46
45	„ 2′				„	11½	22½	34½	46
46	„ 3′	„	26 „	„	Reizung	12	24	35½	47½
47	„ 4′				Ruhe	10½	22	33½	45
48	„ 5′	„	25 „	„	Reizung	12	24	35½	47½
49	„ 6′				Ruhe	10½	22	33	44½
50	„ 7′	„	24 „	„	Reizung	12½	24	36	49
51	„ 8′				Ruhe	11½	23	34	46
52	„ 9′				„	12	22½	34	45

Die Tabelle erklärt sich selbst. Das Maximum der Zunahme ist in No. 50 beobachtet, von 44,5 auf 49 Schläge, also um 4,5 Schläge oder wenig über $^1/_{10}$ der Frequenz, wie sie in der vorausgehenden Ruhe bestand.

Versuchsthier *c*[1]).

26. Dec. Bei einer *Rana temporaria* wurde ein Vagus blossgelegt.

---

1) Diese Versuchsreihe verdanke ich den Herren Hufschmid und Gascard.

Tabelle XV.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	12 h. 15′	1 Grove	—8½ C.M.	3—4 M.M.	Reizung	0			
2	„ 20′				Ruhe	12	23	35	47½
3	„ 21′	„	20 „	„	Reizung	13	25	38	51
4	„ 22′				Ruhe	12	23½	36	48
5	„ 23′	„	18 „	„	Reizung	14	27	39	52½
6	„ 24′				Ruhe	12	23	34	46½

Versuchsthier *d*[1]).

27. Dec. 1860. Einer *Rana temporaria* wurde der linke Vagus blossgelegt.

Tabelle XVI.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	10 h. 1′	1 Grove	—8½ C.M.	3—4 M.M.	Reizung	0			
2	„ 2′				Ruhe	8	15	21½	27½
3	„ 3′				„	6½	12	19½	26½
4	„ 4′				„	7	14	22	29
5	„ 5′				„	7	13½	21	27½
6	„ 6′	„	20 „	„	Reizung	8	15½	21	24
7	„ 7′				Ruhe	5	11½	18	25
8	„ 8′				„	—	11½	18	26
9	„ 9′	„	28 „	„	Reizung	8	16	24	32
10	„ 10′	„	„ „	„	„	7½	15	23	31
11	„ 11′				Ruhe	7	14	21	28
12	„ 12′	„	27 „	„	Reizung	8	16½	24	33
13	„ 13′				Ruhe	7½	15	23	31½
14	„ 14′				„	7½	13½	20½	29
15	„ 15′	„	25 „	„	Reizung	9½	19	28	36½ !
16	„ 16′				Ruhe	8½	17½	26	35

[1]) Versuche von den Herren Gascard und Hufschmid.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
17	10 h. 17′				Ruhe	8	16	—	34
18	„ 18′	1 Grove	25 C. M.	3—4M.M.	Reizung	10	19½	28½	38½
19	„ 19′				Ruhe	9	19	28	37½
20	„ 20′				„	9½	19	28	37½
21	„ 21′				„	9½	18½	27	36½
22	„ 22′	„	24 „	„	Reizung	10	19	28½	37½
23	„ 23′				Ruhe	9½	18	27½	36½
24	„ 24′				„	10	18½	26	34½
25	„ 25′	„	23 „	„	Reizung	10	18½	27	36
26	„ 26′	„	23,26 „	„	„	7½	15	21	26½
27	„ 27′				Ruhe	6	12½	18½	26
28	„ 28′				„	7	14	21	28
29	„ 29′	„	25 „	„	Reizung	9	17½	26	35
30	„ 30′				Ruhe	9	18	27	36½
31	„ 31′				„	9	18½	27	36
32	„ 32′	„	„	„	Reizung	10	19	27½	36½
33	„ 33′	„	„	„	„	9	18	27	36
34	„ 34′				Ruhe	8½	17	26	35
35	„ 35′				„	9½	18½	27	35
36	„ 36′				„	8½	16½	25	33
37	„ 37′	„	25 „	„	Reizung	9½	19	27½	36½
38	„ 38′	„	„	„	„	9	18	27½	36½
39	„ 39′				Ruhe	9	18	27	35½
40	„ 40′				„	8½	17½	26½	35
41	„ 41′				„	8½	17½	26	35
42	„ 42′	„	„	„	Reizung	9½	18½	27½	36½
43	„ 43′	„	24 „	„	„	9½	19	27½	36
44	„ 44′				Ruhe	8	17½	26	35
45	„ 45′				„	8	18	26½	36
46	„ 46′	„	0	„	Reizung	0			

In dieser Versuchsreihe ist offenbar in Folge wiederholter Reizung der Herzschlag bleibend häufiger geworden. Die Reizung bei einem Rollenabstand von 20 C. M. war noch etwas zu stark, um Frequenzvermehrung zu bewirken (No. 6). Sonst hat jede Reizung die Frequenz gegen die vorhergehende Ruhe gesteigert. Das Maximum ist in No. 15 beobachtet, wo die Frequenz von 29 auf 36½

Schläge stieg, also um $7^1/_2$ Schläge in der Minute oder um reichlich $^1/_4$ der Häufigkeit während der Ruhe.

Versuchsthier *e.*

18. December 1860. Einer *Rana temporaria,* für deren linken Vagus die richtige Stärke des elektrischen Reizes nicht zur rechten Zeit gefunden ward, wurde rechts der Vagus blossgelegt, und darauf das Elektrodenplättchen unter den *Ramus cardiacus* gebracht.

Tabelle XVII.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	12 h. 56′				Ruhe	11	21	31	40
2	„ 57′	1 Grove	36 C. M.	3—4M.M.	Reizung	10	21	32	44
3	„ 58′				Ruhe	11	20	37	35
4	„ 59′	„	„	„	Reizung	9	19	29	38
5	1 h.				Ruhe	8	17	23	30
6	„ 1′	„	„	„	Reizung	8	14	24	34
7	„ 2′	„	„	„	„	10	21	31	42
8	„ 3′				Ruhe	9	20	30	40
9	„ 4′				„	9	19	29	40

Diese Reihe verdient ein besonderes Interesse dadurch, dass in den ersten 5 Minuten die Frequenz ohne Reizung stetig sank (No. 1, 3, 5), von 40 auf 35 und 30 Schläge in der Minute, während trotzdem jede Reizung eine vermehrte Häufigkeit des Herzschlags hervorbrachte; ja, eine Reizung, die 2 Minuten lang fortdauerte, steigerte die Zahl der in einer Minute erfolgenden Herzbewegungen von 30 auf 42 (No. 5 bis 7). Das ergiebt eine Zunahme von 12 Schlägen oder von $^2/_5$ der Frequenz, welche in der vorhergehenden Ruhe beobachtet wurde. Und diese Reizung hatte eine solche Nachwirkung, dass in der Ruhe nachher (No. 8, 9) wieder die ursprüngliche Frequenz bestand.

Hier liegt ein Maximalwerth der Steigerung vor, welcher den bei Kaninchen durch elektrische Reizung hervorgebrachten [$^2/_9$, siehe

S. 422] bedeutend übertrifft. Auch in Schiff's reichen Tabellen habe ich keine gleich bedeutende relative Zunahme gefunden. S. 231 des VI. Bandes dieser Untersuchungen findet sich in der Tabelle rechts ein Fall verzeichnet, in welchem eine Reizung mit einem möglichst schwachen Elemente, welches eben noch hinreichte, die Feder in Bewegung zu setzen (a. a. O. S. 211, Note), bei einem Rollenabstand von 12,3 C. M. [1]), eine Zunahme von $71^1/_2$ auf 91 Schläge hervorbrachte. Dies giebt allerdings eine absolute Vermehrung um 19,5 Schläge, aber nur eine relative Zunahme von $^3/_{11}$ der Frequenz in der unmittelbar vorausgehenden Ruhe.

Versuchsthier *f.*

13. December 1860. Der linke Vagus *(R. laryngeus* et *R. intestinalis)* einer *Rana temporaria* lag auf den Elektroden.

Tabelle XVIII.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	12h.25′					Ruhe	9	18	27	36
2	„ 26′					„	9	18	27	35½
3	„ 27′	1 Grove	28 C.M.	2 Mt.	3--4 M.M.	Reizung	9	18	27	36
4	„ 28′	„	„	„	„	„	9	18	27	36
5	„ 29′	„	„	2002 „	„	„	9	18	27	36
6	„ 30′	„	„	7002 „	„	„	9	18	27	36
7	„ 31′	„	„	0	„	„	9½	20½	31½	41½
8	„ 32′					Ruhe	10	20	30	40
9	„ 33′					„	9½	19	28	38
10	„ 34′					„	9	18½	28	37½
11	„ 35′					„	9	18½	28	37½

[1]) Schiff mass den Abstand der Rollen nach Wiener Zoll. Ich habe bei der Reduction auf die hier gewählte Bezeichnungsweise den Wiener Zoll zu 2,6 C. M. angenommen, und nachher die Länge der secundären Rolle (8,5 C. M. an meinem Schlittenapparat) abgezogen, weil Schiff „den Abstand beider Rollen vom vorderen Rande einer jeden an gemessen“ hat. A. a. O. S. 211. $8 \times 2,6 - 8,5 = 12,3$.

Hier war die Reizung zu schwach, so lange eine Nebenschliessung bestand, und so habe ich es in mehreren Versuchen, deren Mittheilung werthlos wäre, gefunden. Darauf gründet sich mein Ausspruch, dass im Allgemeinen der Vagus beim Frosch stärker als beim Kaninchen gereizt werden muss, wenn man den Herzschlag häufiger machen will (vgl. oben S. 404 und 435). Es will dies um so mehr sagen, da der dünne Frosch-Vagus schon bei gleicher Stromstärke viel dichteren Strömen ausgesetzt wird als der so viel dickere Nerv beim Kaninchen.

Sowie die Nebenschliessung weggelassen wurde, nahm die Frequenz um $5^1/_2$ Schläge ($^2/_{13}$ der ursprünglichen) zu. Aber auch hier ergab sich, dass die Reizung sehr wirksam sein kann, ohne dass dies bereits in der ersten Viertelsminute deutlich hervorzutreten braucht. Irre ich nicht, dann erklärt sich das negative Ergebniss, welches Pflüger öfters (nicht immer!) erhalten hat, daraus, dass er bald zu schwach (bei allzugrossem Rollenabstand) und bald zu kurz (nur eine Viertelsminute) reizte. Jedenfalls ist ihm die erforderliche Abstufung nicht gelungen, und Schiff hat ganz richtig auseinandergesetzt, warum sie ihm nicht gelingen konnte. Ein Forscher, der seine Gaben so schön beurkundet hat, wie Pflüger in seinen Untersuchungen über den Elektrotonus, durch welche unstreitig, seit Du Bois-Reymond's Arbeiten, die wichtigsten Thatsachen auf dem Gebiet der thierischen Elektricitätslehre aufgedeckt wurden, wird nicht anstehen, auch in dieser Sache die Wahrheit zu erkennen, wenn er die Methoden anwendet, deren Auffindung mir durch seine Einführung des Rheostats bei ähnlichen Studien wesentlich erleichtert worden ist.

So weit schlossen wir uns für den Frosch an Schiff's Arbeit an, und ich betone hier noch einmal, dass wir die von ihm entdeckten Thatsachen durchweg bestätigt fanden.

In manchen Fällen hatte ich schon früher wiederholt gesehen, dass man auch durch eine Reizung des Laryngeus allein, je nach der Stärke des Reizes und je nachdem der Nervenast mehr oder weniger ermüdet ist, verminderte oder vermehrte Frequenz des Herz-

schlags erzeugen kann. Leider hatte damals die schwebende Frage noch nicht die Wichtigkeit für mich, welche sie heute besitzt, und systematische Zählungen wurden daher nicht vorgenommen. Dies geschah daher jetzt bei mehren Fröschen.

Die folgenden Versuchsreihen, in welchen durch Reizung eines Vagus-Astes, der nicht zum Herzen geht, die Frequenz des Herzschlags gesteigert wurde, werde ich an eine von Du Bois-Reymond gewählte Bezeichnung („paradoxe Zuckung“) mich anschliessend, als

paradoxe Frequenzvermehrung

bezeichnen. Da eine Reizung des centralen Vagusendes keine vermehrte Frequenz des Herzschlags zur Folge hat, so lässt sich die durch Reizung des Laryngeus hervorgebrachte (auch nach peripherischer Durchschneidung des Astes zu erzielende) nur durch eine secundäre, elektrotonische Reizung der im Vagusstamme nach dem Herzen verlaufenden Fasern erklären.

Versuchsthier *g*.

13. December 1860. *Rana temporaria.* Links der Laryngeus (ohne peripherisch durchschnitten zu sein) auf den Elektroden.

Tabelle XIX.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	12 h. 41′				Ruhe	9	18	27½	36½
2	„ 42′				„	9	18	27½	36½
3	„ 43′				„	9½	18½	27½	36
4	„ 44′				„	9½	18	27½	35½
5	„ 45′	1 Grove	—8½ C.M.	3—4 M. M.	Reizung	10½	21	Keine Reizung	
6	„ 46′	„	0 „	„	„	10½	21	32	42
7	„ 47′				Ruhe	10	19	30	38½
8	„ 48′				„	10	18	26	32½

Es wurde also durch Reizung des Laryngeus allein, und zwar durch eine starke Reizung, wie sie am Cardiacus oder am Vagus

selbst unfehlbar Stillstand des Herzens hervorgebracht hätte, eine Steigerung der Frequenz bewirkt, von $35^1/_2$ auf 42 Schläge, oder um reichlich $^2/_{11}$ der ursprünglichen Frequenz.

Versuchsthier *h.*

14. December 1860. *Rana temporaria.* Linker Laryngeus, nicht peripherisch durchschnitten.

Tabelle XX.

Nummer der Beobachtung	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	11 h. 22′				Ruhe	11	23	34	45
2	„ 23′				„	11	22½	34	45
3	„ 24′				„	11½	22½	34	45½
4	„ 25′	1 Grove	—8½ C.M.	3–4 M. M.	Reizung	12	24	35	46
5	„ 26′				Ruhe	9	19½	30	41
6	„ 27′	„	„	„	Reizung	12	23½	34½	45
7	„ 28′				Ruhe	10	20	31	41½
8	„ 29′	„	„	„	Reizung	12	23	34	44½
9	„ 30′				Ruhe	10½	21	33	43½
10	„ 31′				„	12	23½	35	45
11	„ 32′				„	11	22	33	44
12	„ 33′				„	11	22½	34	45
13	„ 34′				„	11	22	33½	44
14	„ 35′				„	11	22½	33	43

Jede Reizung des Laryngeus vermehrte die Frequenz des Herzschlags, und zwar einmal (No. 6) gleich in der ersten Viertelsminute von 9 auf 12, also um $^1/_3$ der Frequenz, die in der Ruhe bestand.

Versuchsthier *b.*

21. December 1860. *Rana temporaria.* Laryngeus um 12 h 32′ blossgelegt.

Tabelle XXI.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	12 h. 34′				Ruhe	13	25½	38	50
2	„ 35′				„	12	24½	37½	48½
3	„ 36′	1 Grove	0	3–4 M. M.	Reizung	13	24½	—	—
4	„ 37′				Ruhe	12	25	37½	50
5	„ 38′				„	12	24½	37	49
6	„ 39′	„	+ 2 C. M.	„	Reizung	13	26	38½	51
7	„ 40′				Ruhe	12½	25	37	49
8	„ 41′	„	+ 4 „	„	Reizung	13	26	38½	51
9	„ 42′				Ruhe	13	25	37	49
10	„ 43′				„	12½	25	37	49
11	„ 44′	„	0 . +1 „	„	Reizung	13	24½	36	48
12	„ 46′	„	—8½ „	„	„	12	25	37½	50½
13	„ 47′				Ruhe	6	17	29	40½
14	„ 48′	„	„	„	Reizung	13	25½	37	50
15	„ 49′				Ruhe	—	25½	38	49
16	„ 50′				„	11½	24	36	48

Erst als die Rollen über einander geschoben waren, ergab sich die stärkste Zunahme der Frequenz (No. 12, 14). Wie bei der paradoxen Zuckung, so ist zur Hervorbringung der paradoxen Frebuenzvermehrung eine starke Reizung erforderlich.

Versuchsthier *i.*

Rana temporaria. Laryngeus, peripherisch durchschnitten, centrales Ende gereizt.

Tabelle XXII.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Elektrodenabstand.	Zustand. des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	12 h. 46′				Ruhe	11	22	33	44
2	„ 47′	1 Daniell mit Wasser	—8½ C.M.	3–4 M. M.	Reizung	11½	23	34½	46
3	„ 48′				Ruhe	11	22½	33	45
4	„ 49′				„	11	22½	33½	44½
5	„ 50′				„	11	21½	32½	44

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
6	12 h. 51′				Ruhe	10½	22	33	44
7	„ 52′				„	10½	21½	31½	42½
8	„ 53′	1 Daniell mit Wasser	—8½ C.M.	3–4 M.M.	Reizung	12	23	33½	44½
9	„ 54′	„	„	„	„	12	23	34	45
10	„ 55′				Ruhe	11	22	33	44
11	„ 56′				„	11½	23	33	44½
12	„ 57′				„	12½	23½	34	45

Obgleich die Frequenzvermehrung gegen die zuletzt vorausgegangene Ruhe in No. 2 nur $^1/_{22}$ und in No. 9 nur $^1/_{17}$ betrug, ist doch unzweifelhaft in dieser Versuchsreihe die vermehrte Häufigkeit des Pulses als eine Wirkung der Reizung zu deuten. Während der Ruhe sank die Frequenz in 5 Minuten allmälig von 46 auf $42^1/_2$ (siehe No. 3 bis 7); dann bewirkt die Reizung sogleich wieder vermehrte Frequenz, die sich während der zweiten Minute, in welcher die Reizung fortgesetzt ward, behauptet (No. 8, 9), und diese länger fortgesetzte Reizung hatte, wie so oft, eine deutliche Nachwirkung (No. 10—12).

Ich habe in einzelnen Fällen beobachtet, dass ein Herz, welches stillstand, durch eine schwache elektrische Reizung wieder zu pulsiren begann. Beim Kaninchen wurde dies nur ein einziges Mal gesehen, und da es öfters fruchtlos versucht ward, das nicht mehr pulsirende Herz durch Reizung des Vagus wieder in Thätigkeit zu versetzen, obwohl directe Reizung des Herzens noch eine oder mehre regelmässige Zusammenziehungen zur Folge hatte, so muss man wohl schliessen, dass der Vagus in der Regel früher abstirbt als das Herz.

Wenn man bei einem erschöpften Frosche durch eine starke Vagusreizung (1 Daniell mit SO^3 20 %, Rollenabstand — $8^1/_2$ C. M.) einen lange anhaltenden Herzstillstand erzeugt, einen Stillstand, welcher die Reizung lange überdauert, dann beginnt die Pulsation so-

gleich auf's Neue, wenn man mit schwachen Wechselströmen (Rollenabstand 35 C. M.) den Vagus reizt.

Ist der Puls bei Fröschen, denen viel zugemuthet wurde, sehr selten und unregelmässig geworden, dann kann durch eine passende Vagusreizung sogleich wieder ein Herzschlag von mittlerer Frequenz und grosser Regelmässigkeit hervorgerufen werden. Die folgende Tabelle enthält ein lehrreiches Beispiel dieser Art:

Tabelle XXIII.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	12 h. 35′				Ruhe	2	—	3	5
2	„ 36′	1 Daniell, Schwefels. 10%	+ 6 C. M.	3-4 M. M.	Reizung	6½	19	30½	41
3	„ 37′		+ 5½ „	„	„	10½	21	32	42

Zweimal habe ich bei einem Kaninchen, dessen Vagus stark und wiederholt gereizt worden war, an dem blossliegenden Herzen, die Kammersystole in zwei deutlichen Absätzen erfolgen sehen, einen sehr ausgebildeten *pulsus dicrotus* darstellend; in anderen Fällen wurde die Erscheinung vermisst. Es handelt sich dabei nicht um jene Form der Zusammenziehung, die man unter ähnlichen Umständen am Froschherzen oft genug beobachtet, bei welcher verschiedene Theile der Kammer sich ungleichzeitig verkürzen, sondern um eine Zusammenziehung der ganzen Kammer, die vor ihrem Ende, in unvollkommener Systole, eine Pause macht und dann erst sich vollendet.

III. Mechanische Reizversuche.

Gleich der erste Versuch, der an einem Kaninchen gemacht wurde, gab ein durchaus befriedigendes Resultat, die Aussage Schiff's bestätigend [1]) und im Einklang mit den Ergebnissen der elektrischen Reizung. Natürlich sind die mechanischen Reizversuche schwieriger

[1]) Schiff, Lehrbuch der Physiologie, S. 417 und diese Untersuchungen, Bd. VI, S. 232.

anzustellen als die elektrischen, weil eine so sichere Abstufung des Reizes nicht hervorgebracht werden kann. Durch eine allmälige Dehnung lässt sich inzwischen ein Erfolg erzielen, der nichts zu wünschen übrig lässt.

Versuchsthier L.

7. November 1860. Um 11 h 13′ waren bei einem Kaninchen beide Vagi blossgelegt worden. Unter jeden der beiden war ein seidener Faden geführt, und mit diesen Fäden wurden die Nerven wieder in die Wunde gebracht. Die Nerven waren nicht durchschnitten.

Tabelle XXIV.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Art der Reizung.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	11 h. 14′		Ruhe	39	78	120	160
2	„ 15′		„	43	87	132	178
3	„ 16′		„	42	85	129	175
4	„ 17′		„	41	83	128	172
5	„ 18′	Unter jeden Nerven wurde eine Glasplatte geschoben	Reizung	45	92	142	191
6	„ 19′		„	47	93	138	182
7	„ 24′		Ruhe	41	83	128	172
8	„ 29′		„	41	83	128	171
9	„ 32′	Bewegung der Glasplättchen . .	Reizung	49	99	146	193
10	„ 34′		Ruhe	47	93	141	190
11	„ 36′	Zartes Bürsten beider Nerven mit einem steifhaarigen Pinsel . . .	Reizung	46	99	145	199
12	„ 37′		Ruhe	46	92	141	187
13	„ 38′		„	46	94	145	195
14	„ 39′		„	44	91	141	188
15	„ 40′		„	44	92	143	193
16	„ 41′		„	44	89	138	187
17	„ 43′		„	43	90	137	185
18	„ 44′		„	43	89	136	184
19	„ 45		„	43	87	133	180
20	„ 46′	Druck mit drei passend gekrümmtem Eisendrähten	Reizung	48	98	142	190
21	„ 47′		Ruhe	47	97	144	193
22	„ 48′		„	47	99	146	194

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Art der Reizung.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
23	11 h. 49′		Ruhe	50	101	149	197
24	„ 50′		„	49	101	149	196
25	„ 51′		„	49	101	149	196
26	„ 52′		„	49	100	147	195
27	„ 53′		„	50	102	150	200
28	„ 54′		„	44	91	141	192
29	„ 55′		„	46	95	147	199
30	„ 56′		„	46	96	145	197
31	„ 57′		„	49	98	150	205
32	„ 58′		„	46	94	144	194
33	12 h. 2′		„	46	95	148	199
34	„ 3′		„	47	96	147	199
35	„ 4′	Starkes Bürsten beider Nerven	Starke Reizung	48	91	141	194
36	„ 6′		Ruhe	45	91	138	189
37	„ 7′		„	47	96	146	197
38	„ 8′	Die Vagi mit Fäden umschlungen, welche nicht angezogen wurden, und in die Wunde zurückgebracht	Reizung	50	101	154	205
39	„ 9′		Ruhe	49	99	151	204
40	„ 10′		„	48	99	151	204
41	„ 11′		„	49	102	156	210
42	„ 12′		„	49	99	150	204
43	„ 13′	Dehnung durch Anziehung der Fäden	Reizung	48	99	152	208
44	„ 14′		Ruhe	48	99	150	204
45	„ 15′	Zuschnüren der Fäden, starke Zuckungen des Thiers	Starke Reizung	47	88	138	191
46	„ 16′	Anziehen der Fäden	Reizung	50	99	151	205
47	„ 17′		Ruhe	45	95	147	200
48	„ 18′		„	46	95	146	199
49	„ 19′	Starkes Kneipen mit der Pincette	Starke Reizung	43	90	139	188

In No. 8 bewirkte eine gelinde mechanische Reizung eine Frequenzzunahme um 19, in No. 9 um 22, in No. 11 um 9 Schläge in der Minute. Nach jeder dieser Reizungen nahm die Frequenz wieder ab. In No. 20 von Neuem ein Häufigerwerden des Pulses um 10 Schläge, und dann eine bedeutende Nachwirkung von No. 21 bis 34.

Als hierauf stark gereizt wurde, nahm die Zahl der Herzschläge

um 5 in der Minute ab (No. 35), sank in der nächsten Ruheminute noch tiefer, um sich dann wieder zu heben, was durch eine gelinde Reizung (No. 38) noch befördert wurde (No. 38, 43).

Starke Reizung brachte in No. 45 und No. 49 ein Sinken der Frequenz hervor.

Versuchsthier M.

12. November 1860. Bei einem Albinokaninchen wurde der linke Vagus frei präparirt, und ein langer Seidenfaden darunter hergeführt. Die beiden Enden des Fadens wurden über einen Glasstab geleitet, ein kleines Häkchen daran gebunden und hieran verschiedene Gewichte gehängt. Die Erfolge, welche die hierdurch bewirkte gelindere oder stärkere Dehnung hervorbrachte, finden sich in

Tabelle XXV.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Gewicht, durch welches die Dehnung hervorgebracht wurde.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	11 h. 50′		Ruhe	50	101	156	210
2	„ 51′		„	52	107	164	221
3	„ 52′		„	49	100	155	210
4	„ 53′		„	50	105	162	219
5	„ 54′		„	52	105	161	216
6	„ 55′	5,9 Gramm	Reizung	61	119	177	234
7	„ 56′		Ruhe	53	108	165	222
8	„ 57′		„	52	108	167	225
9	„ 58′		„	51	105	160	217
10	12 h. 2′		„	51	104	161	217
11	„ 3′	„	Reizung	54	110	167	227
12	„ 4′		Ruhe	47	97	152	207
13	„ 5′		„	51	106	164	222
14	„ 6′		„	52	107	165	220
15	„ 7′	2 Gramm	Reizung	53	108	163	220
16	„ 8′	„	„	53	106	160	217
17	„ 9′		Ruhe	52	106	163	219
18	„ 10′		„	52	106	161	210
19	„ 11′		„	52	107	166	224
20	„ 12′		„	51	107	163	220

Nummer der Beobachtung.	Zeit	Gewicht, durch welches die Dehnung hervorgebracht wurde.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
21	12 h. 13′	0,7 Gramm	Reizung	51	103	160	212
22	„ 14′	8,5 „	„	50	99	148	200
23	„ 15′		Ruhe	51	106	161	220
24	„ 16′	26 „	Reizung	48	95	144	190
25	„ 17′	36 „	„	36	75	123	168
26	„ 18′		Ruhe	40	77	123	174
27	„ 19′		„	43	88	137	187

Schwache Dehnung hat also die Frequenz um 10 bis 18 Schläge in der Minute vermehrt (No. 11 und No. 6); sie wurde durch 5,9 Gramm bewirkt. Zwei Gramm war zu wenig (No. 15), 8,5 Gramm zu viel (No. 22)- Und eine starke Dehnung (26 bis 36 Gramm) drückte die Frequenz um 30 bis 52 Schläge herunter (No. 24, 25).

Bei demselben Kaninchen wurde auch der rechte Vagus zu mechanischen Reizversuchen durch dasselbe Verfahren benützt.

Tabelle XXVI.

Nummer der Beobachtung	Zeit.	Gewicht, durch welches die Dehnung bewirkt wurde.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	12 h. 42′		Ruhe	45	96	146	194
2	„ 43′		„	45	93	143	193
3	„ 44′	5,9 Gramm	Reizung	48	101	156	211
4	„ 45′	„	„	50	97	151	208
5	„ 46′		Ruhe	46	96	148	200
6	„ 47′		„	44	93	144	196
7	„ 50′		„	48	98	151	203
8	„ 51′	„	Reizung	50	101	156	212
9	„ 52′		Ruhe	48	96	144	196
10	„ 53′		„	47	97	147	197
11	„ 54′	„	Reizung	50	100	157	211
12	„ 55′		Ruhe	46	95	145	200
13	„ 56′		„	49	101	151	200
14	„ 57′	36 Gramm	Reizung	48	100	153	207
15	„ 58′	50 „	„	50	104	154	207
16	„ 59′		Ruhe	48	96	146	197

Es wurde in dieser Versuchsreihe viermal gereizt, jedesmal bewirkte die Reizung eine erhöhte Frequenz, und jedesmal wurde der Herzschlag sogleich in der darauf folgenden Ruhe seltener.

Die Zunahme der Häufigkeit betrug 7 bis 18 Schläge in der Minute, $^1/_{29}$ bis $^1/_{11}$ der Frequenz, die in der Ruhe bestand.

IV. Chemische Reizversuche.

1. Versuche an Kaninchen.

Versuchsthier N.

14. November 1860. Der linke Vagus eines grauen Kaninchens wurde, ohne durchschnitten zu sein, auf ein Glasplättchen gelegt. Als Nervenreiz wurde rasches Austrocknen benützt, das dadurch erzielt wurde, dass zu beiden Seiten neben den Nerven grosse Chlorcalciumstücke gelegt wurden. Diese wurden so oft entfernt und durch andere ersetzt, als sich nur der geringste Anflug von Feuchtigkeit zeigte, so dass niemals ein Tropfen auf die Glasplatte floss.

Wie die Reizung aufgehoben werden sollte, wurde das Chlorcalcium ganz entfernt, die Glasplatte, ohne sie zu verrücken, neben dem Nerven sorgfältig gereinigt, und darauf der Nerv mit einem Gemenge von 1 Raumtheil Hühnereiweiss mit 10 Raumtheilen Wasser, welches auf 30 ⁰ C. erwärmt war, reichlich benetzt. Dabei wurde jede mechanische Reizung auf's Sorgfältigste vermieden.

Tabelle XXVII.

Numm. d. Beob.	Zeit.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.	Besondere Bemerkungen.
1	11 h. 27′	Ruhe	41	83	127	172	
2	„ 28′	„	41	81	126	171	
3	„ 29′	Reizung	40	83	127	173	
4	„ 30′	„	40	84	130	174	
5	„ 31′	„	—	—	131	177	
6	„ 32′	„	—	86	131	177	
7	„ 33′	„	41	84	130	177	
8	„ 34′	„	42	86	132	179	

Numm. d. Beob.	Zeit.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.	Besondere Bemerkungen.
9	11 h. 35′	Reizung	44	88	135	183	
10	„ 36′	„	44	88	136	184	
11	„ 37′	„	43	88	136	184	
12	„ 38′	„	43	87	135	182	
13	„ 39′	„	42	87	134	182	
14	„ 40′	„	44	90	138	186	
15	„ 41′	„	44	89	137	187	
16	„ 42′	„	45	91	139	188	
17	„ 43′	„	44	91	141	190	
18	„ 44′	„	46	93	143	194	
19	„ 45′	„	46	—	145	196	
20	„ 46′	„	45	93	144	196	
21	„ 47′	„	47	97	148	202	
22	„ 48′	„	46	95	147	199	
23	„ 49′	„	46	97	147	200	
24	„ 50′	„	46	95	148	201	
25	„ 51′	Ruhe	48	99	149	200	
26	„ 52′	„	47	96	148	200	
27	„ 53′	„	48	96	144	195	Zuckungen.
28	„ 54′	„	43	91	141	191	
29	„ 55′	„	45	93	142	192	
30	„ 56′	„	44	92	—	188	
31	„ 57′	„	43	90	136	185	
32	„ 58′	„	45	91	139	186	
33	„ 59′	„	43	86	131	178	
34	12 h.	„	43	87	134	181	
35	„ 1′	„	39	80	—	165	

Das fortschreitende Austrocknen steigerte also die Häufigkeit des Herzschlags allmälig und sehr stetig von 171 bis auf 202 (No. 21), also um 31 Schläge in der Minute oder um $^{2}/_{11}$ der ursprünglichen Frequenz in der Ruhe. Da sich die Frequenz in No. 22 bis 24 sehr nahezu auf dieser Höhe hielt, begann nach Ablauf der 50. Minute nach 11 h das Befeuchten, und hierdurch wurde die Frequenz in Zeit von 11 Minuten wieder von 200 auf 165 Schläge in der Minute heruntergebracht.

Darauf wurde der rechte Vagus desselben Kaninchens dem gleichen Verfahren unterworfen.

Tabelle XXVIII.

Numm. d. Beob.	Zeit.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.	Besondere Bemerkungen.
1	12 h. 7′	Ruhe	44	89	136	182	
2	„ 8′	„	43	86	133	180	
3	„ 9′	Reizung	43	87	133	181	
4	„ 10′	„	43	88	135	182	
5	„ 11′	„	43	87	134	181	
6	„ 12′	„	43	87	136	184	
7	„ 13′	„	43	88	136	184	
8	„ 14′	„	43	89	137	185	
9	„ 15′	„	44	90	138	187	
10	„ 16′	„	45	91	142	192	
11	„ 17′	„	47	96	146	196	
12	„ 18′	„	46	94	145	198	
13	„ 19′	„	47	96	147	199	
14	„ 20′	„	47	97	147	198	
15	„ 21′	„	47	96	149	201	
16	„ 22′	„	47	97	147	198	
17	„ 23′	Ruhe	46	92	142	190	Zuckungen
18	„ 24′	„	44	90	141	191	
19	„ 25′	„	—	90	139	187	
20	„ 26′	„	46	93	142	191	
21	„ 27′	„	—	92	141	191	
22	„ 28′	„	44	93	141	191	
23	„ 29′	„	44	92	140	189	
24	„ 30′	„	45	91	138	187	
25	„ 31′	„	43	87	132	180	

Durch das allmälige Austrocknen wächst die Häufigkeit der Herzbewegungen in 13 Minuten von 180 auf 201 (No. 15), und in Folge der Befeuchtung nimmt sie allmälig wieder bis um 18 Schläge in der Minute ab (vgl. No. 16 und No. 25), und zwar in einem Zeitraum von 9 Minuten.

Versuchsthier O.

13. November 1860. Kaninchen. Linker Vagus. Behufs der chemischen Reizung wird der Nerv, der zuvor undurchschnitten auf ein Glasplättchen gebracht war, mit einer Kochsalzlösung befeuchtet, welche durch Vermischung von 1 Raumtheil gesättigter Lösung mit

3 Raumtheilen destillirten Wassers erhalten war. Um die Reizung aufzuheben, ward der Nerv, nachdem die Kochsalzlösung vom Glasplättchen mittelst eines Schwämmchens entfernt war, mit destillirtem Wasser ausgewaschen. Dann ward die Reizung wiederholt und darauf die Ruhe wiederhergestellt, indem der Nerv, nach Entfernung der Kochsalzlösung, möglichst weit nach der Peripherie hin durchschnitten und darauf das ganze blossliegende Stück des Nerven ausgeschnitten wurde. Die einzelnen Akte sind in der Tabelle genau verzeichnet.

Tabelle XXIX.

Numm. d. Beob.	Zeit.	Behandlung des Nerven.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.	Besondere Bemerkungen.
1	11 h. 18′		Ruhe	43	88	123	168	
2	„ 19′		„	41	82	124	169	
3	„ 20′		„	39	80	121	166	
4	„ 21′	Befeuchtung mit d. Kochsalzlösung	Reizung	41	86	131	179	
5	„ 22′	„	„	36	80	127	176	Zuckungen
6	„ 23′		„	40	90	138	185	
7	„ 24′		„	43	88	136	184	
8	„ 25′		„	43	88	138	190	
9	„ 26′	„	„	46	94	144	195	
10	„ 27′	„	„	48	95	146	197	
11	„ 32′	Auswaschen mit destillirt. Wasser	„	47	95	149	204	
12	„ 33′	„	„	51	—	164	225	
13	„ 34′	„	„	55	115	175	231	
14	„ 35′		Ruhe	51	105	161	209	
15	„ 36′		„	53	105	161	207	
16	„ 37′		„	49	101	157	210	
17	„ 38′		„	—	100	151	206	
18	„ 39′		„	48	97	148	198	
19	„ 40′		„	44	93	143	194	
20	„ 41′		„	45	91	141	190	Zuckungen
21	„ 42′		„	46	95	146	199	
22	„ 43′		„	45	94	144	195	
23	„ 44′		„	46	94	144	195	
24	„ 45′	Befeuchtung mit d. Kochsalzlösung	Reizung	45	94	146	198	
25	„ 46′	„	„	47	97	149	200	

Numm. d. Beob.	Zeit.	Behandlung des Nerven.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.	Besondere Bemerkungen.
26	11 h. 47′	Befeuchtung mit d. Kochsalzlösung	Reizung	50	99	152	204	
27	„ 48′		„	49	98	150	205	
28	„ 49′		„	50	104	160	217	
29	„ 50′		„	50	101	156	210	
30	„ 51′		„	50	102	157	211	
31	„ 53′	Ausschneidung des Nerven	Ruhe	48	97	149	201	
32	„ 54′		„	48	98	150	205	
33	„ 55′		„	49	99	151	203	
34	„ 56′		„	48	100	153	206	

Unter der Einwirkung des Kochsalzes stieg zunächst die Frequenz von 166 (No. 3) auf 197 (No. 10). Nach Allem, was durch die bisherigen Versuche ermittelt wurde, wird es aber als gerechtfertigt erscheinen, dass ich auch den Zustand des Nerven in No. 11 bis 13 als den der Reizung bezeichne. Ist doch gar nicht anders anzunehmen, als dass anfangs die Befeuchtung des Nerven mit destillirtem Wasser nur die fortschreitende Diffusion des in den Nerven eingedrungenen Chlornatriums beförderte. Das Maximum des Reizerfolges ist also erst in No. 13 mit 231 Schlägen in der Minute erreicht. Es ist dies die höchste Zunahme, die ich überhaupt bis jetzt durch Reizung des Vagus in der Häufigkeit der Herzschläge beim Kaninchen hervorbrachte: 65 Schläge oder $^2/_5$ der Frequenz in der Ruhe.

Nach und nach sank dann die Pulsfrequenz in Zeit von 6 Minuten wieder auf 194 (um 37 Schläge), und hielt sich auf dieser niedrigen Höhe mit geringen Schwankungen (No. 19 bis 23). Die niederste Zahl 190 wurde zugleich mit Zuckungen beobachtet.

Durch Behandlung mit der Kochsalzlösung wurde dann auf's Neue die Frequenz um 22 Schläge gesteigert (217 in No. 28), um in der Ruhe wieder zu sinken (No. 31 bis 34).

Bei demselben Kaninchen wurde nun noch der Vagus rechter Seite zu gleichen Versuchen verwendet.

Tabelle XXX.

Numm. d. Beob.	Zeit.	Behandlung des Nerven.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.	Besondere Bemerkungen.
1	12 h. 3′		Ruhe	47	97	149	203	
2	„ 4′		„	49	100	155	209	
3	„ 5′		„	50	103	159	207	
4	„ 6′		„	50	102	156	210	
5	„ 7′		„	53	106	—	219	
6	„ 8′		„	49	98	152	208	
7	„ 9′		„	51	105	160	217	
8	„ 10′		„	49	—	156	209	
9	„ 11′		„	50	104	160	218	
10	„ 12′		„	50	100	153	208	
11	„ 13′		„	52	106	161	216	
12	„ 14′		„	48	100	153	207	
13	„ 15′		„	51	103	158	214	
14	„ 16′	Befeuchtung mit Kochsalzlösung	Reizung	50	103	158	217	
15	„ 17′	„	„	52	108	167	226	
16	„ 18′	„	„	54	109	167	225	
17	„ 19′		„	50	105	164	220	
18	„ 20′		„	52	110	169	228	
19	„ 21′		„	52	107	164	220	Zuckungen
20	„ 22′	Ein möglichst grosses Stück des Nerven weggeschnitten	„	54	111	170	232	
21	„ 23′		Ruhe	53	107	163	219	
22	„ 24′		„	55	111	170	229	
23	„ 25′		„	52	107	163	220	
24	„ 26′		„	54	107	164	221	
25	„ 27′		„	51	105	160	216	
26	„ 28′		„	51	108	167	227	
27	„ 29′		„	51	104	162	219	
28	„ 30′		„	52	106	162	220	Zuckungen
29	„ 31′		„	52	105	161	219	
30	„ 32′		„	52	106	164	222	
31	„ 33′		„	50	101	156	211	
32	„ 34′		„	53	106	163	221	
33	„ 35′		„	50	100	—	206	Zuckungen

Der absolute Werth der Frequenzzunahme ist zwar in dieser Versuchsreihe nicht gross. Unter dem Eindruck der Kochsalzlösung allein beträgt sie gegen die letzte Zählung in der Ruhe (Nr. 13:

214) nur 14 Schläge (Nr. 18: 228). Aber der Gang, den die Frequenz einhält, ist eine glänzende Bestätigung des Ergebnisses der vorigen chemischen Reizversuche. Von Nr. 4 bis Nr. 13 macht sich sehr deutlich eine zweigliedrige Periode bemerkbar.

	Zahl der Herzschläge in 1′.	
No. 4 und 5	210	219
„ 6 „ 7	208	217
„ 8 „ 9	209	218
„ 10 „ 11	208	216
„ 12 „ 13	207	214.

Ohne Reizung hätte man nach dem bisherigen Gang erwarten dürfen, dass in No. 14 der Herzschlag wieder seltener geworden wäre. Statt dessen wird er häufiger, und die Periode verwischt sich, denn das Sinken in No. 19 war von Zuckungen begleitet. In der Ruhe nimmt die Frequenz wieder ab, wenn auch nicht beträchtlich, trotzdem dass nun beide Vagi durchschnitten sind, und die Periode wird wieder mehr oder weniger deutlich:

	Zahl der Herzschläge in 1′.	
No. 21 und 22	219	229
„ 23 „ 24	220	221
„ 25 „ 26	216	227
„ 27 „ 28	219	220 (Zuckungen)
„ 29 „ 30	219	222
„ 31 „ 32	211	221.

Das Minimum in der Ruhe nach der Reizung, welches freilich von Zuckungen begleitet war (No. 33: 206 Schläge), ist beinahe gleich dem Minimum vor der Reizung (No. 1: 203). Die höchste Frequenz (No. 20: 232 Schläge) wurde am Ende der Kochsalzreizung bei der Ausschneidung des zweiten Vagus beobachtet.

2) Versuche an Fröschen.

Versuchsthier *k*[1]).

28. December 1860. *Rana temporaria.* Der rechte Vagus um 10 h 10′ blossgelegt. Reizung mit 1 Grove bei einem Rollenabstand

[1]) Diese Beobachtungsreihe verdanke ich den Herren Gascard und Hufschmid.

von — $8^1/_2$ C. M. erzeugte Stillstand des Herzens. Die Reizung geschah durch Befeuchten mit der S. 456, 457 angegebenen Kochsalzlösung.

Tabelle XXXI.

Numm. d. Beobacht.	Zeit.	Behandlung des Nerven.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	10 h. 15′		Ruhe	8	15	23	31
2	„ 16′		„	8	15½	24	31½
3	„ 17′		„	8	16	24	32
4	„ 18′	Befeuchtung mit Kochsalzlösung	Reizung	8½	17	25	33
5	„ 19′	„	„	9	18	27	36
6	„ 20′	„	„	9	18	27	36
7	„ 21′	„	„	9	18	27½	36½
8	„ 22′	„	„	9	18½	28	37
9	„ 23′	Abwaschung mit HO.	Ruhe	9	17½	26	35
10	„ 24′	„	„	8	17½	26	35
11	„ 25′	„	„	9	18	28	36
12	„ 26′		„	9	18	27	36½

In No. 8 wurde eine Frequenzzunahme um 5 Schläge erreicht, von 32 auf 37, also um $^2/_{13}$ der Frequenz in der Ruhe.

Versuchsthier *l* [1]).

27. December 1860. *Rana temporaria*. Rechter Vagus. Behufs der chemischen Reizung wurde Froschgalle benützt. Um 2 h 10′ war, bevor die Zählungen begannen, durch elektrische Reizung (1 Grove, Rollenabstand — $8^1/_2$ C. M.) Stillstand hervorgebracht worden. Um die Reizung aufzuheben, wurde der Nerv so nahe als möglich dem Herzen abgeschnitten.

---

1) Von den Herren **Gascard** und **Hufschmid**.

Tabelle XXXII.

Numm. d. Beobacht.	Zeit.	Behandlung des Nerven.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	2 h. 16′		Ruhe	9	18	27	36
2	„ 17′		„	9	19	28½	37½
3	„ 18′		„	9½	18½	27½	36½
4	„ 19′	Befeuchtung mit Galle	Reizung	10	19	28½	38
5	„ 20′	„	„	9½	18½	28	38
6	„ 21′		„	11	21	30	40
7	„ 22′		„	10	20	30	40½
8	„ 23′	Abschneidung des Nerven	Ruhe	9	19½	30	40½
9	„ 25′		„	11½	21	31	42
10	„ 26′		„	10	20	30½	41
11	„ 28′		„	10	20	30½	40½

Unter der Einwirkung der Galle allein stieg die Häufigkeit des Herzschlags von $36^1/_2$ auf $40^1/_2$, also um 4 Schläge oder $^1/_9$ der ursprünglichen Frequenz. In No. 8 bis 11 wirkte entweder die Durchschneidung selbst als Reiz oder die Gallenreizung entfaltete eine Nachwirkung.

Versuchsthier *e*.

18. December 1860. Dieselbe *Rana temporaria*, welche zu elektrischen Reizversuchen gedient hatte (Tabelle XVII, S. 442), gab einen noch viel auffallenderen Erfolg als die Vagi mit Galle gereizt wurden. Bevor dies geschah, war das Herz sehr erschöpft, die Zusammenziehungen sehr unregelmässig und selten, höchstens 20 in der Minute, leider aber wurde vor der ersten Reizung mit Galle die Zählung in der Ruhe versäumt.

Tabelle XXXIII.

Numm. d. Beobacht.	Zeit.	Behandlung des Nerven.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	1 h. 13′	Befeuchtung des rechten Vagus mit Galle	Reizung	11½	21	31	42
2	„ 14′	„	„	10	20	29	40
3	„ 15′	Durchschneidung des rechten Vagus	Ruhe	6	11	15	18
4	„ 16′	Befeuchtung des linken Vagus mit Galle	Reizung	10	21	31	40
5	„ 17′	Durchschneidung des linken Vagus	Ruhe	10	18	27	35
6	„ 18′		„	5	10	14	19

Hier wurde also in No. 4 eine Frequenzzunahme um mehr als das Doppelte beobachtet.

In der Hoffnung, die ich nach diesen Beobachtungen fasste, dass die Froschgalle für den Vagus ein sehr sicheres und mächtiges Reizmittel sein würde, sah ich mich bei späteren Versuchen getäuscht. Ich habe mehre Male auf den noch gar nicht mit künstlichen Reizmitteln angegriffenen Vagus Froschgalle ohne allen Erfolg angewandt. Vielleicht ist dies durch eine verschiedene Zusammensetzung der Galle unter verschiedenen Umständen zu erklären.

V. **Thermische Reizversuche.**

Versuchsthier P.

15. November 1860. Graues Kaninchen.

Die thermische Reizung bestand darin, dass eine zum Rothglühen erhitzte Platinplatte dem auf einer Glasplatte liegenden Nerven bis auf wenige Millimeter genähert wurde. Ich wählte eine Platinplatte, weil die rasche Abkühlung derselben der Aufgabe einer Nervenreizung, die darin besteht, die Mischung oder den Molecularzustand des Nerven in kurzer Zeit erheblichen Schwankungen auszusetzen, vortrefflich entsprach. Nach je 1 Viertelminute wurde statt der abgekühlten Platinplatte eine andere rothglühende dem Nerven genähert. Während der Ruhezeit wurde der Nerv fleissig mit Eiweisslösung befeuchtet.

Um die Platinplatten — Elektrodenplatten, wie sie von Du Bois-Reymond für die Versuche am Multiplicator eingeführt wurden — bequem handhaben zu können, waren sie in grosse Korke eingeklemmt.

Tabelle XXXIV.

Numm. der Beobacht.	Zeit.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.	Besondere Bemerkungen.
1	11 h. 54′	Ruhe	55	105	—	241	
2	„ 55′	„	58	115	—	238	
3	„ 56′	„	56	—	175	238	
4	„ 57′	„	55	118	182	244	
5	„ 58′	„	56	114	176	239	
6	„ 59′	„	58	117	180	242	
7	12 h.	„	59	120	180	242	
8	„ 1′	Reizung	60	120	187	251	
9	„ 2′	Ruhe	60	121	186	249	
10	„ 3′	„	—	111	169	227	Zuckungen
11	„ 4′	„	53	107	165	223	
12	„ 5′	„	55	110	170	228	
13	„ 6′	„	—	110	170	228	
14	„ 7′	„	50	107	166	224	
15	„ 8′	Reizung	59	110	181	244 !	
16	„ 9′	Ruhe	56	114	174	235	
17	„ 10′	„	54	109	167	224	
18	„ 11′	„	53	110	171	234	
19	„ 12′	„	54	112	172	233	
20	„ 13′	„	54	110	168	227	
21	„ 14′	Reizung	55	111	172	233	
22	„ 15′	„	56	117	178	243	
23	„ 16′	„	57	117	178	241	
24	„ 17′	Ruhe	56	114	175	235	
25	„ 18′	„	54	111	171	229	
26	„ 19′	„	57	112	173	234	
27	„ 20′	„	56	111	171	227	
28	„ 22′	„	55	—	160	220	
29	„ 23′	„	53	108	167	226	
30	„ 24′	„	51	105	161	220	
31	„ 25′	Reizung	53	110	170	234	
32	„ 26′	Ruhe	53	110	169	231	
33	„ 27′	„	56	112	170	231	

Numm. der Beobacht.	Zeit.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.	Besondere Bemerkungen.
34	12 h. 28′	Ruhe	—	114	174	235	
35	„ 29′	„	—	—	171	231	
36	„ 30′	„	56	113	—	233	
37	„ 31′	„	53	111	168	229	
38	„ 32′	„	53	110	167	226	
39	„ 33′	„	54	111	169	228	
40	„ 34′	„	53	111	169	227	
41	„ 35′	„	53	109	166	224	
42	„ 36′	„	52	107	165	223	

Viermal wurde die thermische Reizung angewandt, und jedesmal war der Erfolg eine deutliche Vermehrung der Frequenz des Herzschlags. Die grösste Zunahme wurde in No. 15 beobachtet, von 224 auf 244, also um 20 Schläge oder $^1/_{11}$ der Frequenz in der Ruhe. Einmal wurde die Reizung 3 Minuten lang fortgesetzt, und zwar mit dem Erfolg, dass die Frequenz 2 Minuten lang stieg, um sich in der dritten Minute sehr nahe der am Ende der zweiten erstiegenen Höhe zu behaupten (No. 21 bis 23).

In allen vier Fällen hatte die thermische Reizung eine deutliche Nachwirkung (No. 9, No. 16, No. 24, No. 32—36); dann aber sank die Frequenz während der Ruhe bedeutend von 251 bis auf 224, von 244 bis auf 227, von 243 bis auf 220, von 234 bis auf 223.

Versuchsthier *m* [1]).

27. December 1860. *Rana temporaria.* Um 2 h 42′ wurde der linke Vagus blossgelegt, um 2 h 44′ durch starke elektrische Reizung Stillstand des Herzens erzeugt.

---

[1]) Versuchsreihe von den Herren Gascard und Hufschmid.

Tabelle XXXV.

Numm. der Beobacht.	Zeit.	Behandlung des Nerven.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	2 h. 48′		Ruhe	9	18	27	36
2	„ 49′	Erwärmung mit glühendem Platindraht	Reizung	9	18	27½	37½
3	„ 50′	„	„	9½	19	29	38
4	„ 51′	„	„	10	19½	29	39
5	„ 52′	„	„	10	20	30	40
6	„ 53′		Ruhe	8½	17	27	36½
7	„ 54′		„	9	18½	27½	36
8	„ 55′		„	10	19	28	36

Durch thermische Reizung wurde also auch beim Frosch die Frequenz von 36 auf 40 Schläge in der Minute erhoben (No. 1 bis 5), d. h. um $^1/_9$ der Frequenz, wie sie in der Ruhe bestand. In der Ruhe nahm die Häufigkeit der Herzbewegung plötzlich wieder ab und blieb auf 36 stehen (No. 6—8).

VI. Schluss.

Nach diesen Versuchsreihen steht die Thatsache fest, dass eine Reizung des Vagus, die weder zu schwach, noch zu stark ist, die aber nach den herkömmlichen Vorstellungen immerhin als eine schwache bezeichnet werden muss, die Häufigkeit des Herzschlags vermehrt, während eine starke Reizung die Herzbewegungen seltner macht, und wenn sie sehr stark ist, oder einen schon vielfach in Anspruch genommenen Nerven trifft, das Herz zum Stillstand bringt. Sonach halte ich mich für berechtigt, es mit allem Nachdruck auszusprechen, dass, wer immer die Frequenzzunahme durch Vagusreizung nicht entstehen sah, nicht den richtigen Grad der Reizung getroffen hat; diesen Grad aber in Zukunft zu treffen, ist nunmehr eine Aufgabe, die mit Berücksichtigung der oben beschriebenen Methoden von jedem geübten Experimentator leicht gelöst werden kann.

Indem ich mit dieser Abhandlung nur das Thatsächliche geben wollte und die auf eine ausgedehnte Versuchsreihe gestützten theoretischen Erörterungen für eine zweite Abhandlung verspare, erlaube ich mir einstweilen die Hauptergebnisse der hier niedergelegten Studien zusammenzustellen.

1. Schwache Reize des Vagus vermehren die Frequenz des Herzschlags.

Das Maximum, welches bei Kaninchen beobachtet wurde, war eine Zunahme um 65 Schläge in der Minute, von 166 auf 231, oder um $^2/_5$ der Frequenz in der Ruhe.

Bei Fröschen wurde ein noch viel höheres Maximum der Zunahme erreicht, nämlich eine Steigerung von 18 auf 40 Schläge in der Minute, also um reichlich das Doppelte der Häufigkeit, mit welcher das Herz schlug, als kein Reiz auf den Vagus wirkte.

2. Es wird nicht bloss durch elektrische Reizung des Vagus der Herzschlag häufiger, sondern ebenso entschieden durch mechanische, chemische und thermische.

3. Unter den mechanischen Reizungen wirkt die Dehnung am sichersten, weil sie sich durch Anwendung verschiedener Gewichte am leichtesten abstufen lässt. Aber auch Reibung und Druck wurden mit Erfolg angewandt.

Das Maximum der Frequenzzunahme durch mechanische Reizung betrug bei einem Kaninchen 22 Schläge in der Minute (171 auf 193), oder etwas über $^1/_8$ der Frequenz in der Ruhe.

4. Als chemische Reizmittel wurden verdünnte Kochsalzlösung, Froschgalle und rasches Austrocknen des Vagus angewandt.

Die Maximalwerthe, die unter 1 aufgeführt wurden, sind auf chemischem Wege erzielt worden, beim Kaninchen durch Kochsalzlösung, beim Frosche durch Froschgalle.

5. Thermische Reizung erzeugte beim Kaninchen eine Zunahme von 224 auf 244, also um 20 Schläge oder beinahe $^1/_{11}$, beim Frosche von 36 auf 40, also um 4 Schläge oder $^1/_9$ der Frequenz in der vorangehenden Ruhezeit.

6. Elektrische Reizung vermochte beim Kaninchen die Häufigkeit

des Herzschlags von 190 auf 232, also um 42 Schläge ($^2/_9$), beim Frosche von 30 auf 42, also um 12 Schläge ($^2/_5$) zu erheben.

7. Um eine Frequenzvermehrung des Herzschlags beim Frosche hervorzurufen, ist im Allgemeinen eine stärkere Reizung nöthig als beim Kaninchen.

8. Beim Frosche wird der Herzschlag nicht bloss häufiger, wenn man den R. cardiacus oder den Stamm des Vagus reizt, sondern auch wenn nur der Laryngeus mit Wechselströmen gereizt wird (elektrotonische oder paradoxe Frequenzvermehrung). Die paradoxe Frequenzvermehrung setzt eine stärkere Reizung voraus als die gewöhnliche.

9. Die Reizung des Vagus vermehrt die Häufigkeit des Herzschlags auch, wenn man sie nach Durchschneidung des Nerven auf das peripherische Ende einwirken lässt. Die Frequenzzunahme kann also nicht als eine nur im Cerebrospinalcentrum bewirkte Reflexerscheinung angesehen werden.

Eine im Hirn-Rückenmarksstamm erzeugte Reflexwirkung ist überhaupt auch nicht einmal theilweise dabei im Spiel, denn wenn man das centrale Ende des durchschnittenen Vagus reizt, wird der Herzschlag nicht häufiger.

10. Die Reizung muss oft länger als $^1/_4$ und nicht selten länger als $^1/_2$ Minute fortgesetzt werden, wenn die Frequenzzunahme sich deutlich herausstellen soll.

11. In vielen Fällen hat die Reizung eine erhebliche Nachwirkung zur Folge.

12. Pulsus dicrotus kann eine Folge starker und längere Zeit anhaltender Vagusreizung sein, nach welcher die Herzkammern sich in ihrer Totalität in zwei Absätzen verkürzen.

Mühlberg bei Mühlheim (Thurgau), 1. Januar 1861.
